

# **В** ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

---

**В**ЫПУСК 75

УЧЕБНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ И РАДИОКРУЖКАМ

ПРОСТАЯ АППАРАТУРА РАДИОУПРАВЛЕНИЯ

А. Проскурин

В данной статье пойдет речь об аппаратуре радиоуправления моделями или игрушками в пределах комнаты или зала. Мощность таких передатчиков не превышает 10 мВт (напомним, что если эта мощность достигает 1 Вт — предела, разрешенного в СССР для управления моделями, то требуется разрешение областной Инспекции электро-связи).

Полоса излучаемых частот не должна превышать 25 кГц, несущие частоты —  $27,12 \pm 0,6\%$ ; 28,0—28,2 и 144—146 МГц.

Рассматриваемая аппаратура обеспечивает уверенный радиус действия 10 м при чувствительности приемника не хуже 10 мкВ.

Аппаратура содержит передатчик и приемник с дешифратором команд, с ее помощью можно управлять определенным образом доработанным игрушечным автомобилем,

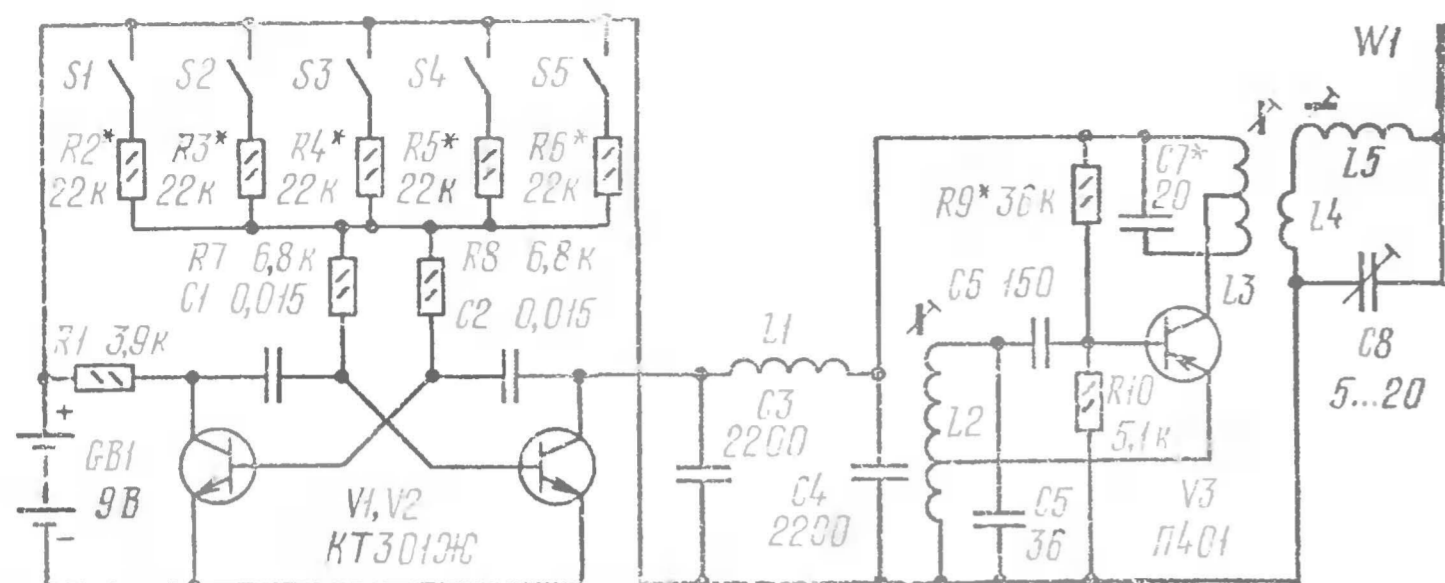


Рис. 1. Принципиальная схема передатчика

который будет выполнять команды: «Вперед», «Назад», «Поворот влево», «Поворот вправо», «Фары» и «Стоп».

На рис. 1 показана принципиальная схема передатчика. Он состоит из модулятора и задающего генератора. Модулятор представляет собой мультивибратор на транзисторах  $V1$  и  $V2$ . Нагрузкой  $V2$  является входное сопротивление задающего генератора, выполненного на транзисторе  $V3$ . Задающий генератор собран по схеме индуктивной трехточки. В цепь коллектора транзистора  $V3$  включен контур  $L3C7$ , настроенный на частоту 28,1 МГц, в цепь базы — контур  $L2C5$  на частоту 14,05 МГц. При включении одной из кнопок  $S1—S5$  мультивибратор вырабатывает командные сигналы — низкочастотные колебания прямоугольной формы. Когда транзистор  $V2$  от-

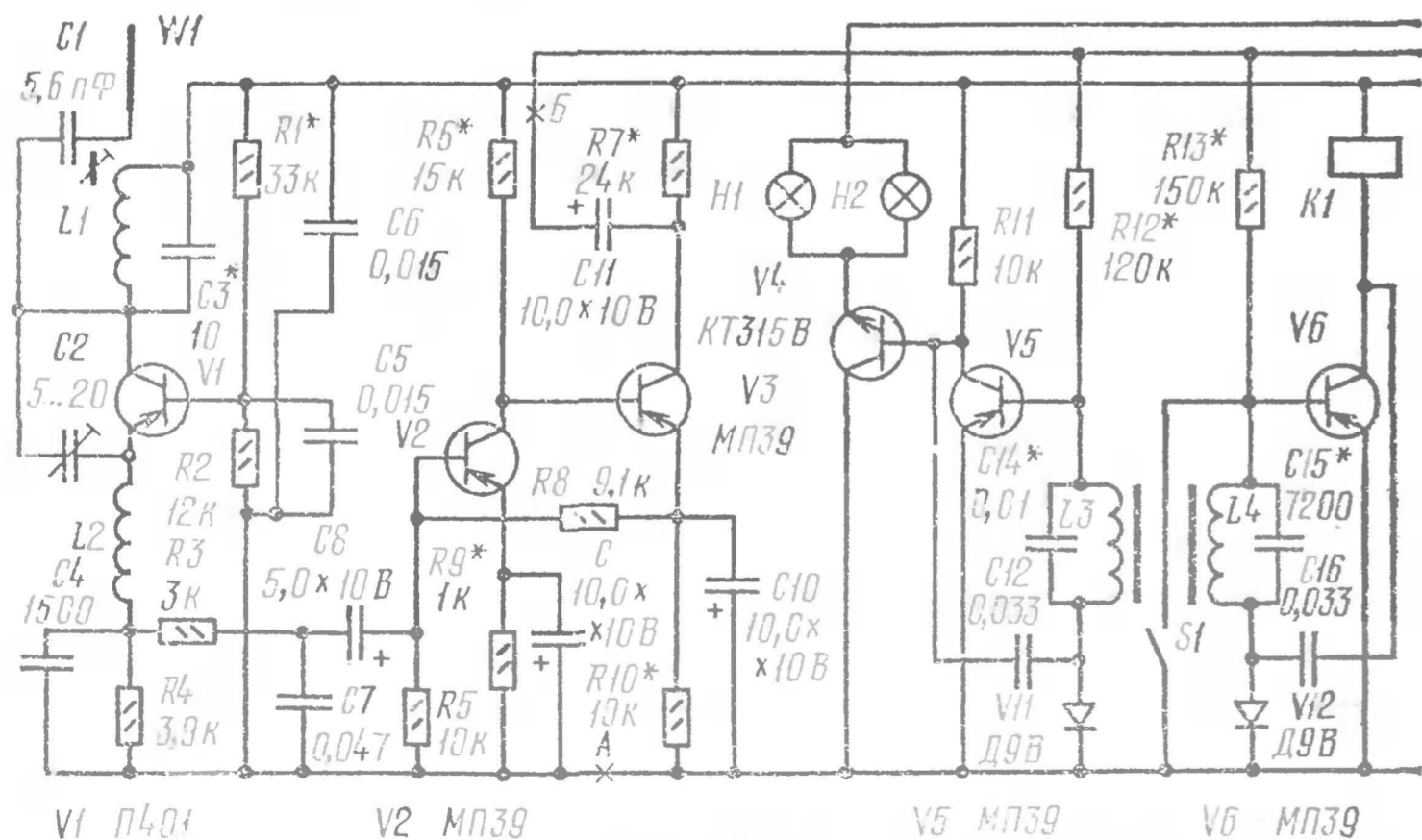
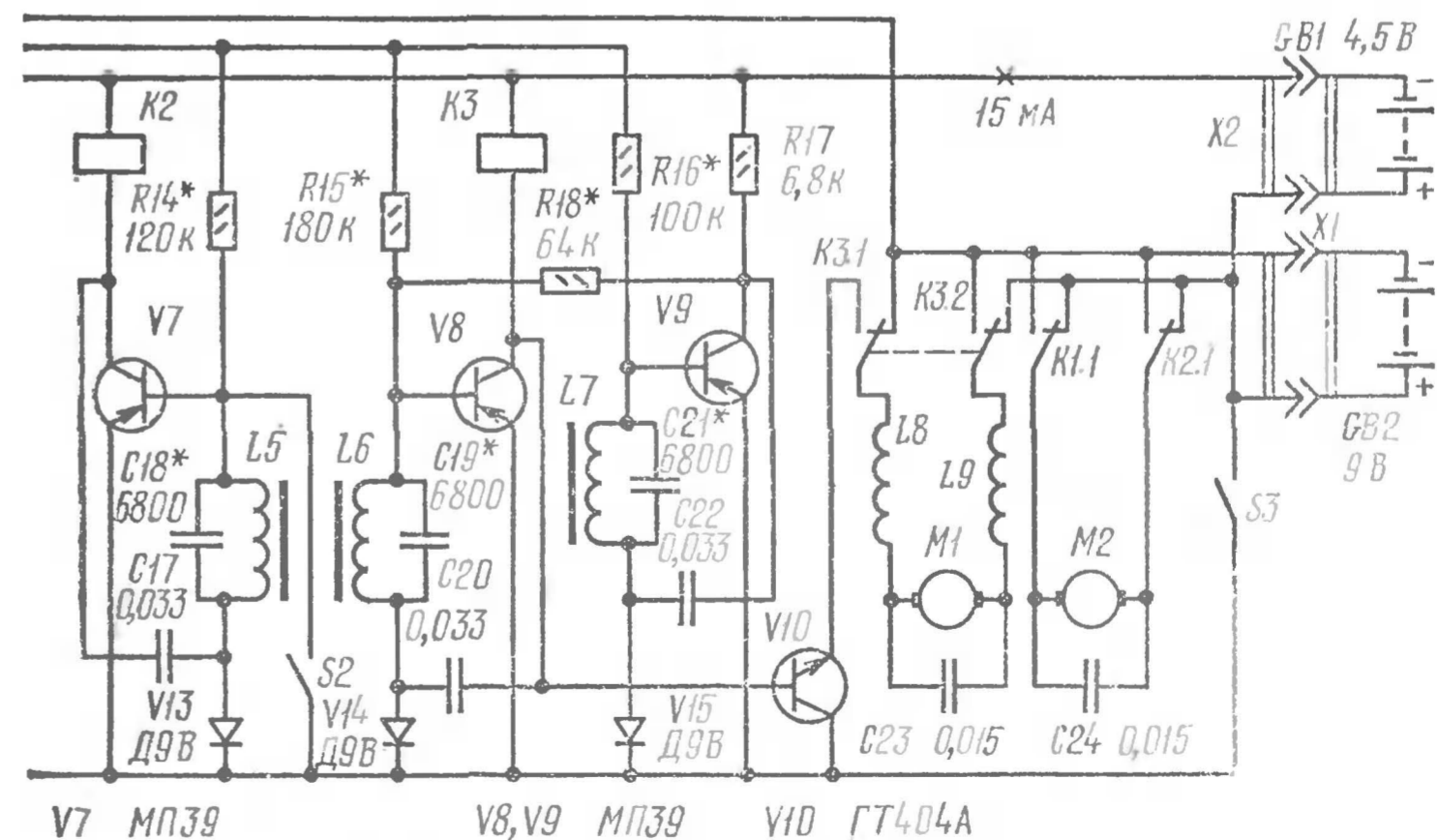


Рис. 2. Принципиальная схема приемника с дешифратором команд

крыт, задающий генератор генерирует высокочастотные колебания на частоте 28,1 МГц в виде пакета прерывающихся посылок, которые с катушки связи  $L4$  поступают на согласующий антенный контур  $L5C8$  и антенну  $W1$ . Низкая частота командных сигналов определяется емкостью конденсаторов  $C1$  и  $C2$  и сопротивлением резисторов  $R7$  и  $R8$ , а также одного из резисторов  $R2—R6$ .

Принципиальная схема приемника показана на рис. 2. Он состоит из сверхрегенеративного каскада, усилителя-ограничителя и дешифраторов.

Электромагнитные колебания высокой частоты (28,1 МГц) принимаются антенной, которая преобразует их в электрические сигналы. Эти сигналы через конденсатор связи  $C1$  поступают на сверхрегенератор (каскад на транзисторе  $V1$ ). В цепь коллектора  $V1$  включены контур  $L1C3$ , настроенный на частоту 28,1 МГц, и конденсатор  $C2$ , который создает положительную обратную связь между эмиттером и коллектором транзистора. Эта обратная связь вызывает возникновение генерации на частоте входного контура  $L1C3$ . Колебания усиливаются и детектируются транзистором  $V1$ . Генерация идет с частотой гашения, равной 50—60 кГц, что превышает наивысшую частоту командного сигнала. Частота гашения определяется постоянной времени цепи  $R4C4$ . После усиления и детектирования ВЧ сигнала на резисторе  $R4$  выделяются составляющая низкочастотного командного сигнала и частота гашения



Продолжение рис. 2

Составляющая частоты гашения подавляется фильтром  $R3C7$ , а составляющая командного сигнала поступает на вход усилителя-ограничителя.

Для четкой работы дешифраторов необходимо командный сигнал усилить и ограничить до уровня 3—3,5 В. Это делает усилитель-ограничитель, выполненный на транзисторах  $V2$  и  $V3$ . Задача каждого дешифратора — выделение переданной команды. Рассмотрим работу первого дешифратора (транзисторы  $V4$  и  $V5$ ). Транзистор  $V4$  работает в ключевом режиме,  $V5$  совместно с контуром  $L3C14$ , диодом  $V11$ , конденсатором  $C12$ , резистором нагрузки  $R11$  представляет собой активно-избирательный  $LC$ -фильтр. Когда командных сигналов нет, транзисторы  $V5$ ,  $V4$  закрыты. Если на вход дешифраторов (точки А и Б) поступит командный сигнал с частотой настройки контура, сопротивление контура резко возрастет и большая часть сигнала с делителя  $R12$  — контур  $L3C14$  будет подана на базу транзистора  $V5$ . Он усилит данный сигнал, который через конденсатор  $C12$  поступит на диод  $V11$ . Проректированное напряжение с отрицательным знаком через катушку  $L3$  будет приложено к базе транзистора  $V5$ . Ток в цепи его коллекторной нагрузки возрастет. Под действием напряжения на резисторе  $R11$  транзистор  $V4$  откроется, лампы  $H1$ ,  $H2$  засветятся.

Второй дешифратор выполнен на транзисторе  $V6$ . В исходном состоянии подвижный контакт реле  $K1.1$  находится в положении, показанном на схеме. Двигатель  $M2$  обесточен. При поступлении соответствующего командного сигнала транзистор  $V6$  откроется, реле сработает, и двигатель  $M2$ , подключенный к источнику питания  $GB1$ , повернет передние колеса влево. Как только колеса повернутся на угол  $30^\circ$  относительно продольной оси модели, концевой выключатель  $S1$  замкнет цепь базы транзистора  $V6$  с положительной шиной, транзистор  $V6$  закроется, а подвижный контакт  $K1.1$  примет первоначальное положение. Подвижный контакт  $K1.1$  может принять первоначальное положение и в том случае, если подача командного сигнала прекратится раньше. Для поворота колес в противоположную сторону подается командный сигнал с резонансной частотой контура  $L5C18$ . Как только передние колеса повернутся на угол  $30^\circ$ , концевой выключатель  $S2$  замкнет цепь базы транзистора  $V7$  с положительной шиной, и транзистор  $V7$  закроется, а

подвижный контакт  $K2.1$  примет исходное положение. Угол поворота передних колес зависит от длительности командной послышки. Дешифратор на транзисторах  $V8$ ,  $V9$ ,  $V10$  имеет два устойчивых состояния. Дешифратор, собранный на транзисторах  $V8$  и  $V10$ , способен выполнять вначале команду «Назад», а после этого команду «Стоп». Транзистор  $V10$  в этом случае является дополнительным ключом. Дешифратор, собранный на транзисторе  $V9$ , выполняет команду «Вперед». В исходном состоянии контакты реле  $K3.1$  и  $K3.2$  находятся в положении, указанном на схеме. В этом случае на тяговый двигатель  $M1$  от источника питания  $GB1$  будет подано напряжение 4,5 В, модель поедет вперед. Чтобы остановить игрушку, необходимо подать командный сигнал на резонансной частоте контура  $L6C19$ . В результате транзистор  $V8$  откроется и сработает реле  $K3$ . Одновременно откроется транзистор  $V10$ . На двигатель  $M1$  будет подано напряжение противоположной полярности, и модель поедет назад. Если во время движения назад прекратить подачу командного сигнала, реле  $K3$  останется включенным, а транзистор  $V10$  закроется. Игрушка остановится, что будет соответствовать команде «Стоп». Это произойдет потому, что транзистор  $V10$  открывается только за счет командного сигнала, поступающего на базу транзистора  $V8$ . Реле  $K3$  включается и остается включенным не только за счет командного сигнала, но и за счет поступающего через резистор  $R18$  дополнительного отрицательного напряжения с коллектора транзистора  $V9$  на базу транзистора  $V8$ . Чтобы модель двигалась вперед, необходимо подать командный сигнал с резонансной частотой контура  $L7C21$ . Транзистор  $V9$  откроется, напряжение на его коллекторе уменьшится, это передается через резистор  $R18$  на базу транзистора  $V8$ , который закроется, а контакты реле  $K3.1$  и  $K3.2$  примут первоначальное положение. Будет подано напряжение на двигатель  $M1$ . Модель поедет вперед.

Конструкция и детали передатчика. Корпус передатчика пластмассовый с габаритами  $115 \times 75 \times 35$  мм. Внутри размещается печатная плата (рис. 3) и батарея «Крона». В отверстиях на передней панели размещены самодельные командные кнопки. Антенна — медная проволока (трубка) диаметром 3—5 и длиной 500 мм. Конденсаторы  $C1$  —  $C4$  К-10-7Б или КЛС, конденсаторы  $C5$  —  $C7$  КТ, а  $C8$  КПМ, МП. Дрос-

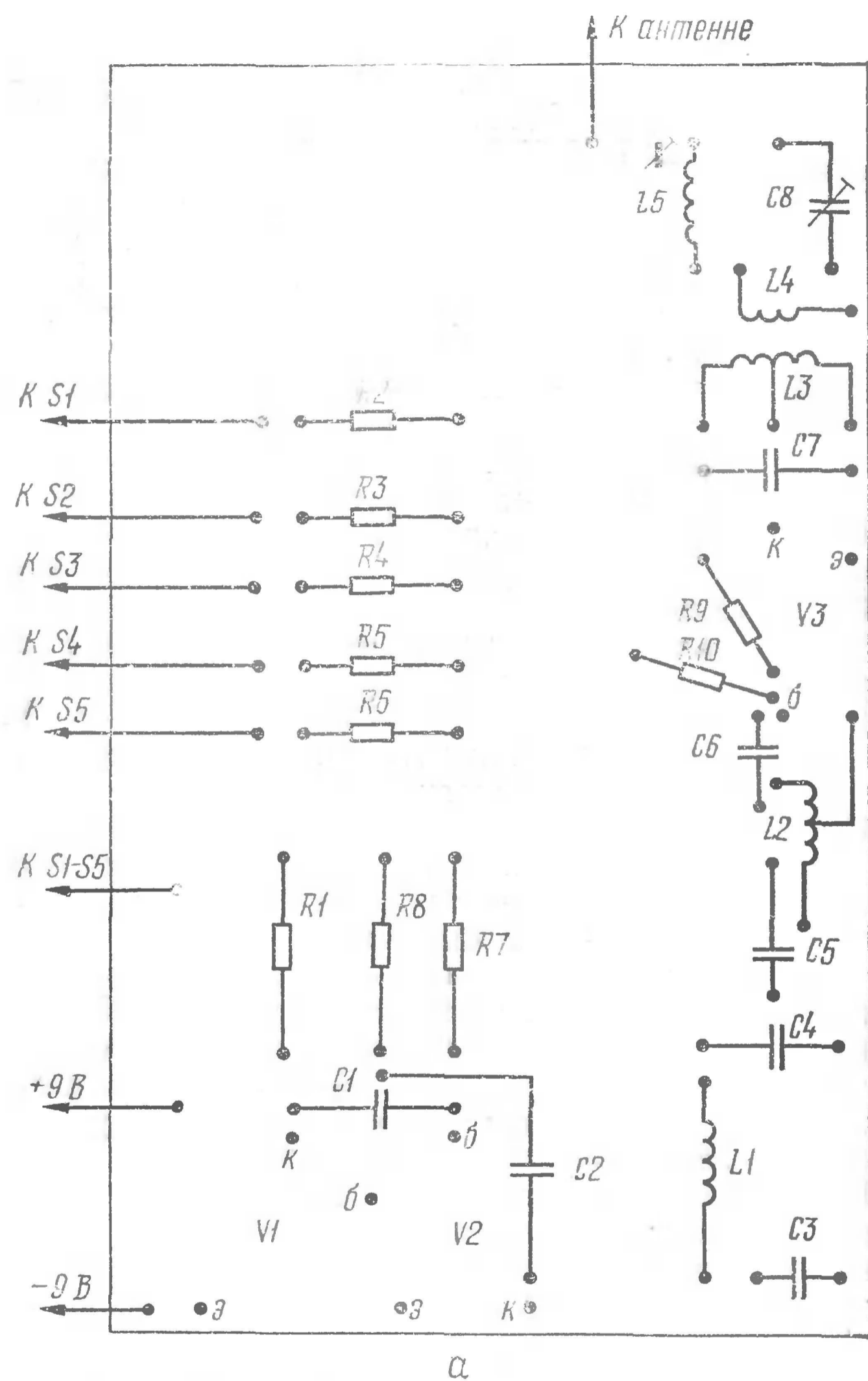
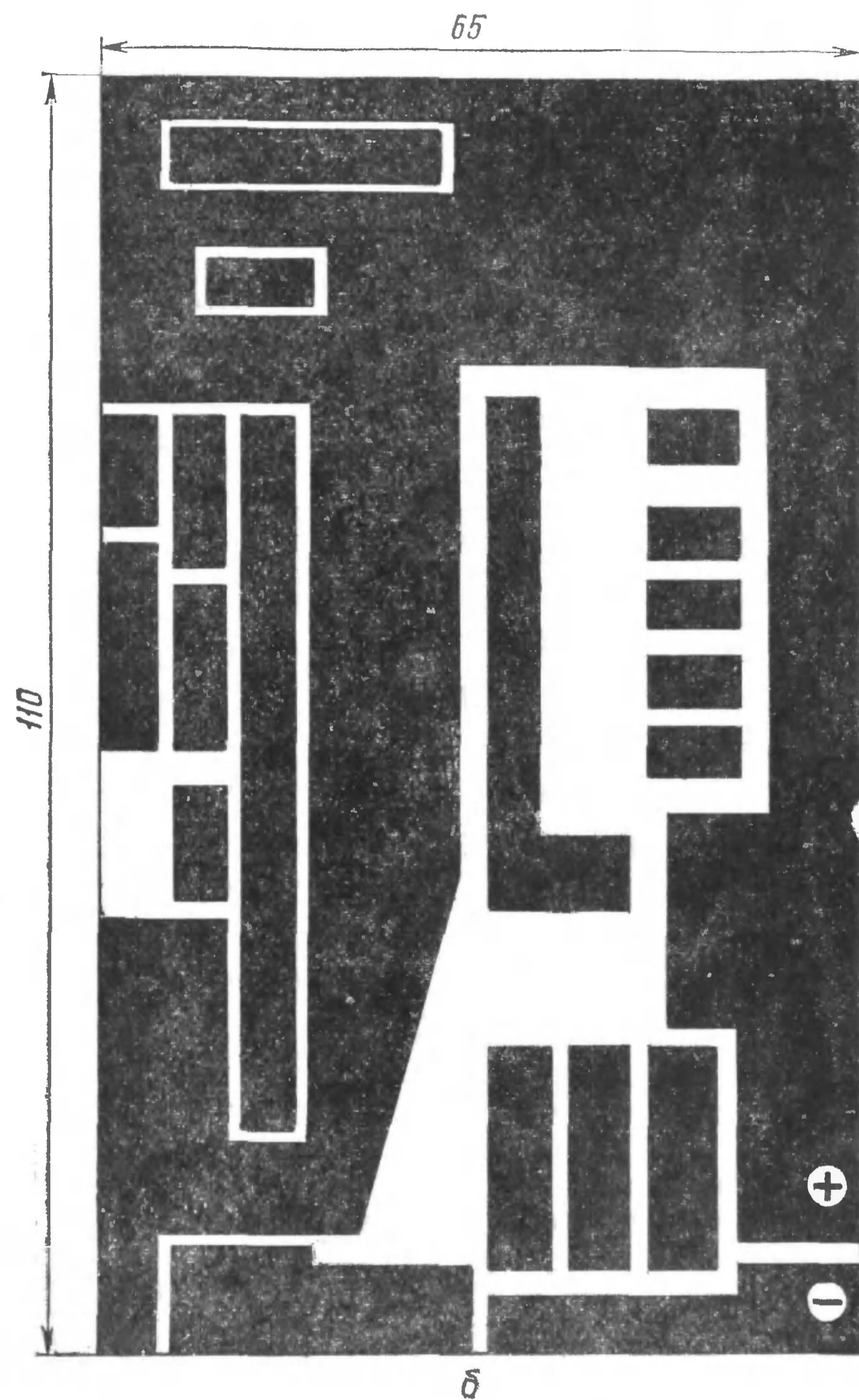


Рис. 3. Монтажная плата передатчика:  
а — расположение элементов; б — печатный монтаж



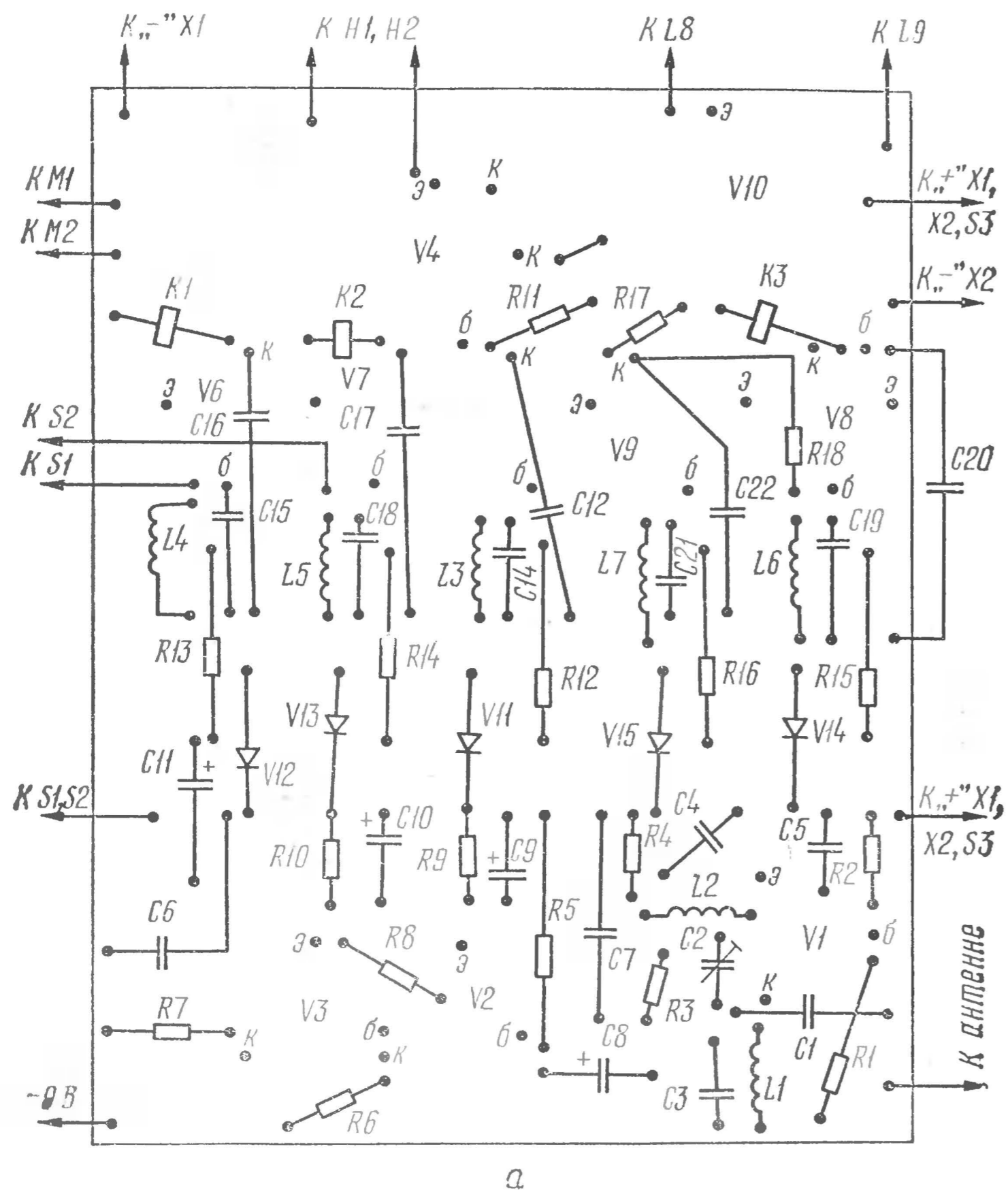
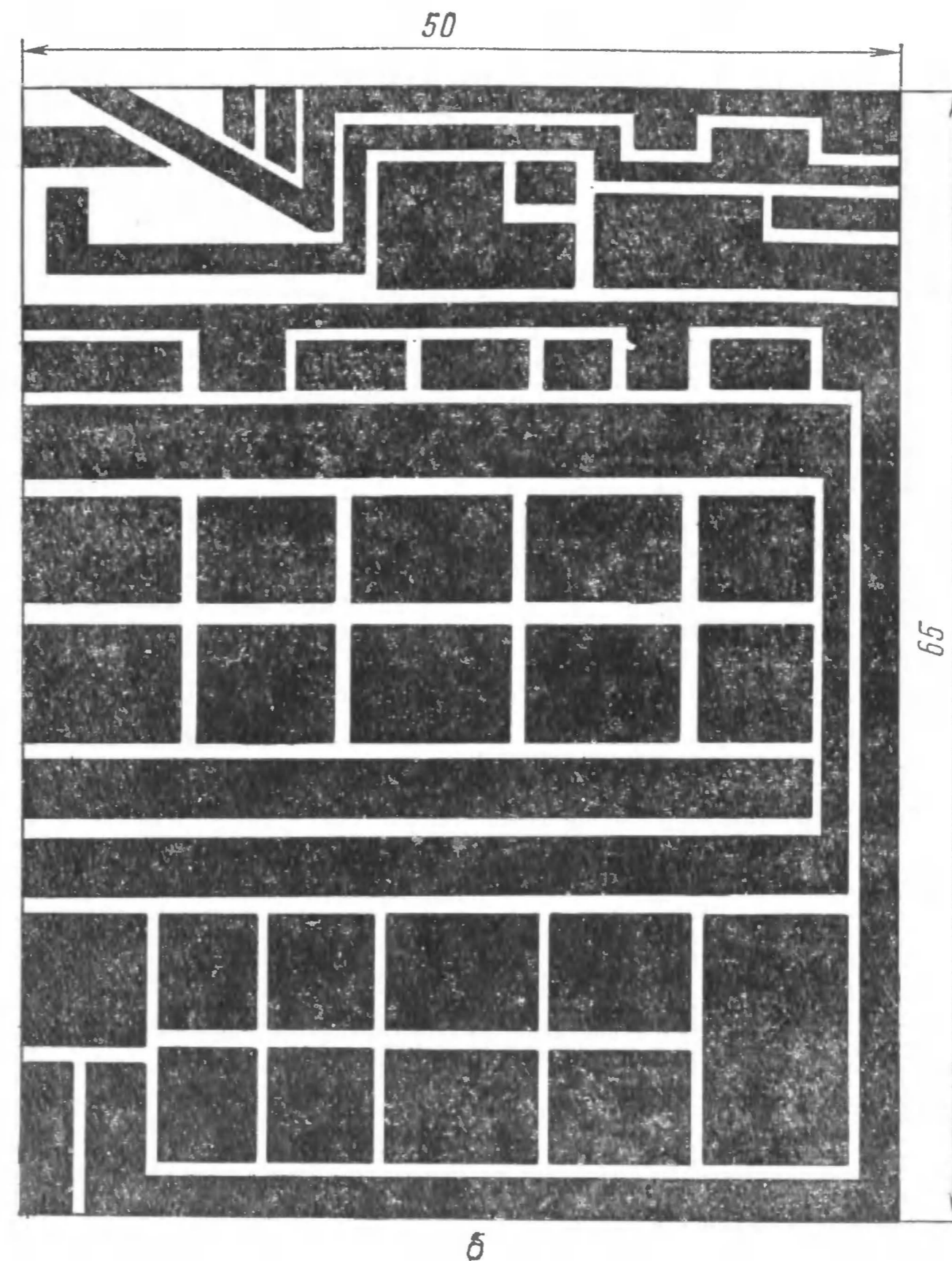


Рис. 4. Монтажная плата приемника:

а — расположение элементов; б — печатный монтаж

сель  $L1$  Д 0,1 30 мкГ, его можно изготовить, намотав внавал 60 витков провода ПЭВ-2 0,1 на резисторе МЛТ-0,5 100 кОм. Все резисторы УЛМ, УЛМ-0,125 или МЛТ-0,25. Катушки  $L2—L5$  намотаны на каркасах из радиопластмассы диаметром 8 мм и длиной 12 мм, подстроечные сердечники катушек  $L2—L5$  СЦР-1 диаметром 6 мм (можно использовать и другие сердечники, зная, что ферритовый увеличивает индуктивность катушки, а латунный — уменьшает). Катушка  $L2$  содержит 12 витков ПЭВ-2 0,35,



намотанных витков к витку, с отводом от 4-го витка, считая снизу. Катушка  $L3$  содержит 14 витков с отводом от середины. Катушка  $L4$  намотана с шагом 1 мм поверх катушки  $L3$  и содержит 4 витка. Катушка  $L5$  содержит 14 витков. Для катушек  $L3—L5$  применен провод ПЭВ-2 0,5—0,7. Транзисторы  $V1$  и  $V2$  (КТ 301Ж) можно заменить на транзисторы той же структуры с коэффициентом передачи по току  $h_{21э}$  не менее 50 и обратным током коллектора не более 10 мкА. Транзистор  $V3$  (П401) может быть П402, П403, П423 или П416.

Д е т а л и п р и е м н и к а. Антенна — проволока диаметром 1,5 мм и длиной 10 см. Конденсаторы  $C4—C7$ ,

$C12 — C24$  К-10-7Б или КЛС;  $C8 — C11$  К-50-6;  $C2$  КПК-МП. Резисторы УЛМ-0,125 или МЛТ-0,25. Дроссели  $L2$  Д 0,1,  $L8$  и  $L9$  Д 0,6—16 мкГ. Катушка  $L1$  содержит 14 витков ПЭВ-2 0,51, намотанных на каркасе диаметром 8 и длиной 12 мм. Катушки  $L3 — L7$  намотаны на трех сложенных ферритовых кольцах марки 1000НН ( $7 \times 4 \times 2$ ). Их можно заменить на ферритовые кольца больших размеров, а также на броневые ферритовые сердечники Б14 1500НМ. Замена потребует изменить число катушек, а также увеличить размеры печатной платы приемника. Плата приемника показана на рис. 4. Транзистор П401 должен быть с  $h_{21э}$  не менее 60. Транзистор МП39 можно заменить на МП16, МП41, МП42, а КТ315В — на транзистор той же структуры с  $h_{21э}$  не менее 35, с максимально допустимой силой тока коллектора больше тока лампочек  $L1, L2$ . Транзистор ГТ404А можно заменить на КТ805. Диоды  $D9$  или  $D2$  применяются с любым буквенным индексом. Реле  $K1$  и  $K2 — РЭС-10$  (РС4.524.302), а реле  $K3 — РЭС-9$  (РС4.524.200). Двигатель  $M1$  — тот, что установлен на игрушке, а двигатель  $M2 — ДК6-19$ . Лампочки  $L2$  и  $L1 —$  медицинские на 4,5 В с током потребления 30 мА.

**Н а с т р о й к а п р и е м н и к а.** Перед сборкой приемника необходимо отрегулировать реле, чтобы оно срабатывало при напряжении 5 В, для этого ослабляются возвратные пружины. Вначале настраивается усилитель-ограничитель, затем дешифратор и сверхрегенератор.

К контрольной точке Б подключается осциллограф. Вывод конденсатора  $C8$ , идущий к сверхрегенератору, отпаивается. К этому выводу подключается звуковой генератор, с которого подается сигнал на частоте 1 кГц, сначала 5, а затем 50 мВ.

Подключается источник питания  $GB2$  напряжением 9 В. Подбором резисторов  $R6$  и  $R9$ , затем  $R7$  и  $R10$  добиваются двустороннего ограничения сигнала так, чтобы длительность импульса равнялась длительности паузы.

Настройку дешифраторов осуществляют, ориентируясь на табл. 1.

В цепь коллектора транзистора настраиваемого каскада включается миллиамперметр на 50 мА, к коллектору подключается осциллограф. Со звукового генератора подается сигнал звуковой частоты амплитудой 2 мВ. Точную настройку дешифраторов осуществляют подбором емкости конденсатора контура. Подбором резисторов  $R12 —$

Таблица 1

Команда	Частота, Гц	Контур	Индуктивность катушки, мГ	Число витков катушки
«Фары»	2500	$L3C14$	400	420
«Поворот на- лево»	3200	$L4C15$	340	400
«Поворот на- право»	4050	$L5C18$	220	380
«Назад»	4700	$L6C19$	165	360
«Вперед»	5600	$L7C21$	140	340

$R16$  следует добиться полосы срабатывания реле дешифраторов, равной 400 Гц. Затем проверяется функционирование всего дешифратора путем кратковременной передачи сигналов от звукового генератора на каждой командной частоте.

После этого, подпаяв конденсатор  $C8$ , настраивают сверхрегенератор. К конденсатору  $C11$  подключается осциллограф. На генераторе типа Г4-17 устанавливают частоту 28,1 МГц (модуляция амплитудная частотой 1000 Гц) и выходное напряжение, равное 400 мВ, и подключают к генератору проволочную антенну. Изменяя сопротивление резистора  $R1$ , емкость конденсатора  $C2$  и положение сердечника катушки  $L1$ , добиваются появления на экране осциллографа сигнала частотой 1000 Гц. Теперь следует уменьшить амплитуду выходного напряжения генератора до величины, при которой на экране будет еле заметна частота модуляции. После чего процесс настройки указанными выше элементами повторяется.

**Н а с т р о й к у п е р е д а т ч и к а** осуществляют вместе с приемником, у которого к коллектору транзистора  $V3$  подключается осциллограф.

Приемник размещается на расстоянии 2 м от передатчика. Вместо резистора  $R2$  временно впаявается переменный резистор сопротивлением 22 кОм. С помощью подстроечных сердечников катушек  $L2 — L5$  и конденсатора  $C8$  передатчик настраивается на частоту приемника, при этом на экране осциллографа наблюдается сигнал с частотой мультивибратора. Передатчик удаляется на расстояние 8—10 м от приемника, и настройка повторяется. Мультивибратор настраивается на генерацию точных командных частот, для чего вместо  $R2 — R6$  пооче-

редно впаивается переменный резистор, который потом заменяется необходимым постоянным.

Точность настройки командных частот определяют методом фигур Лиссажу по осциллографу, у которого вход «Х» соединен со звуковым генератором, а вход «У» — с транзистором VЗ приемника.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бобрин Н. В. Радиоприемные устройства.— М.: Энергия, 1958.  
Васильченко М. Е., Дьяков А. В. Радиолюбительская телемеханика.— М.: Энергия, 1979.  
Дьяков А. В. Радиоуправляемые автомобили.— М.: ДОСААФ, 1973.  
Миль Г. Электронное дистанционное управление моделями.— М.: ДОСААФ, 1980.

## РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ БОРМАШИНА

А. Ашаев

В радиолюбительской практике нужен разнообразный инструмент для выполнения слесарных, столярных и других механических работ, связанных с изготовлением конструкции. В этой статье дается описание самодельной бормашины, при помощи которой можно сверлить отверстия диаметром до 6 мм, гравировать надписи, полировать, фрезеровать пластмассу, затачивать инструмент, кроить оргстекло и делать другие операции.

В бормашине в качестве гибкого вала используется тросик спидометра грузовой автомашины. Гибкий вал приводится во вращение электродвигателем ДСК-1 мощностью 35 Вт, питаемым от сети переменного тока напряжением 220 В. Можно применить любой другой двигатель мощностью 35—60 Вт, имеющий частоту вращения 1500—3000 об/мин.

На рис. 1 показан общий вид бормашины, на рис. 2 — детали в соответствии с позициями на рис. 1. Сборка производится в такой последовательности. На вал 2 до упора в буртик диаметром 12 мм запрессовывается шарикоподшипник 8 (марка № 18), после чего вместе с валом 2 его вставляют в проточку корпуса 3. Затем на выступающий из корпуса конец вала надевают трубки 7 и напрессовы-

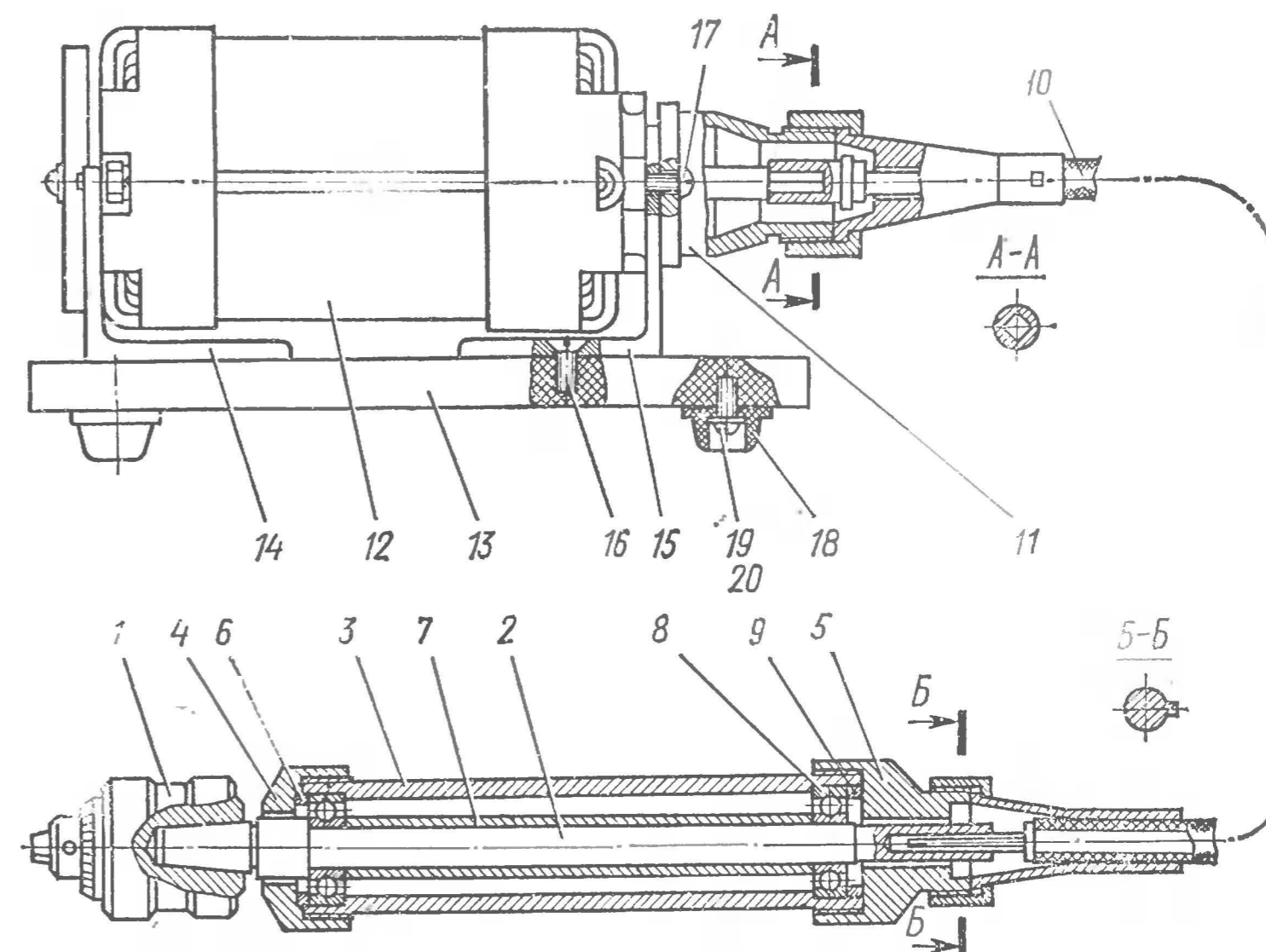


Рис. 1. Общий вид бормашины

вают до упора в нее второй такой же подшипник 8. Перед сборкой оба подшипника промывают в керосине, а после напрессовки смазывают смазкой ЦИАТИМ-201 или техническим вазелином. Вал должен легко вращаться в корпусе. Далее через кольцо 6 навинчивается передняя крышка 4, а затем задняя крышка (детали 9, 5). После этого в вал вставляется тросик 10 (гибкий вал), накидная гайка гибкого вала навинчивается на заднюю крышку 5. На пластине 13 из текстолита толщиной 10 мм винтами 16 (М4 × 10) крепятся два уголка (14, 15). Затем между уголками вставляется электродвигатель 12. К уголку 15 винтами 17 (М5 × 12) крепятся переходная втулка 11 и электродвигатель. В уголок 14 в сквозные отверстия вставляются концы шпилек, соединяющих переднюю и заднюю крышки электродвигателя. С нижней стороны пластины крепятся резиновые ножки.

В последнюю очередь на вал электродвигателя надевается конец тросика гибкого вала, после этого накидная гайка гибкого вала навинчивается на переходную втулку. На пластине крепится конденсатор для электродвигателя. Он должен быть закрыт кожухом. Выключатель можно

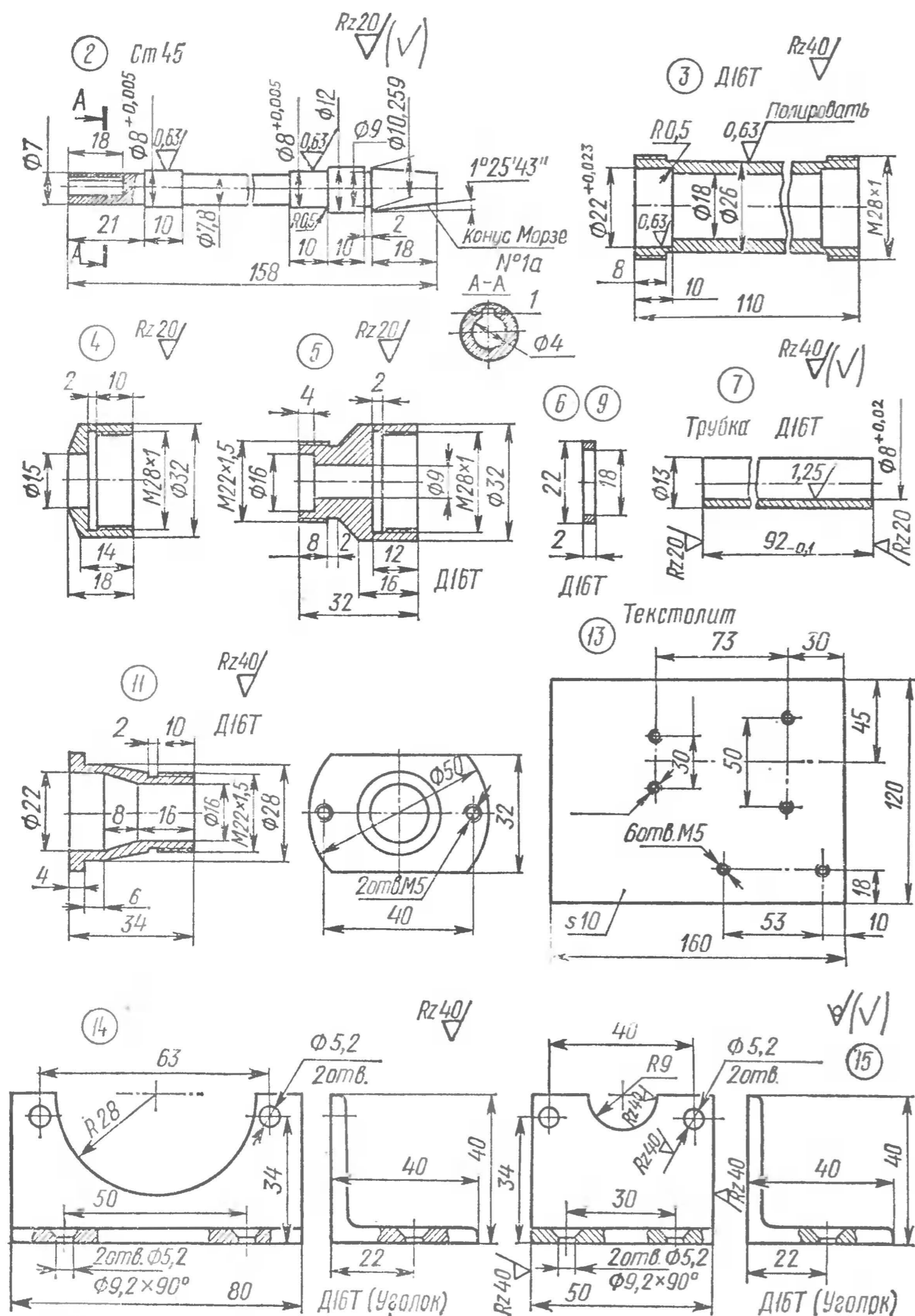


Рис. 2. Детали бормашины

Рис. 3. Приспособление для фрезы

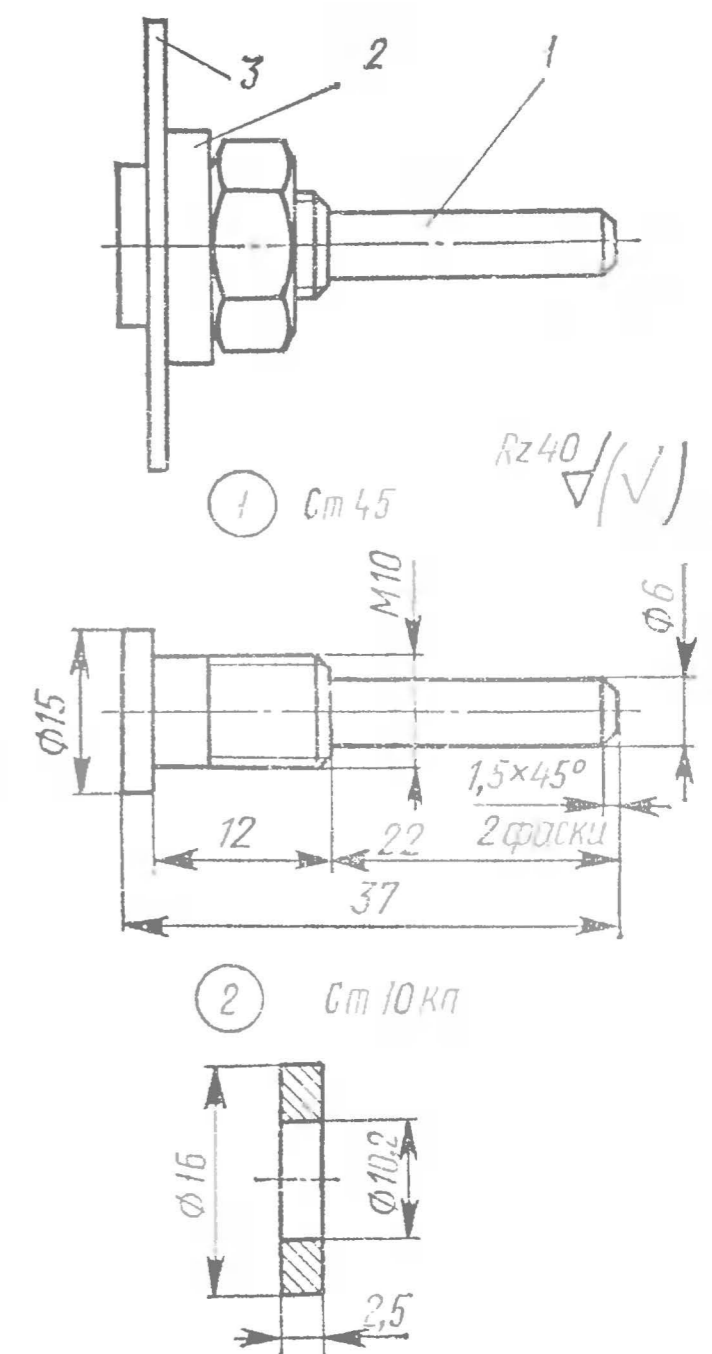
сделать выносным (на шнуре длиной до 2 м) и управлять им при помощи ножной педали.

В бормашине применяется трехкулачковый патрон 1 (см. рис. 1) от дрели с укороченным конусом Морзе 1а.

На рис. 3 показано приспособление для крепления дисковой фрезы. На фасонной оси 1 крепится посредством шайбы 2 и гайки М10 фреза 3.

Аналогичны приспособления для наждачного и войлочных кружков и для других целей.

Крепление текстолитового основания с электродвигателем осуществляется по усмотрению работающего с бормашиной.



## ВЫХОДНОЕ ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

**С. Сорокин**

Выходное оптическое устройство (ВОУ) цвето-музыкальной установки (ЦМУ) помогает создать эффект гармонии музыки и цвета. Данное ВОУ предназначено для работы в ЦМУ с частотным разделением каналов. Шестицветная система (красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый), примененная здесь, позволяет получить тончайшие оттенки цветов при их смешении.

На рис. 1 показано устройство ВОУ. Оно содержит основание 1 в виде усеченной пирамиды и крышку 2 с закрепленным на ней стеклянным колпаком 3 в форме усеченного конуса. Основание и крышка соединены винтами 4, 6, 9 (М4 × 6). Для крепления колпака 3 служат хомут 10,

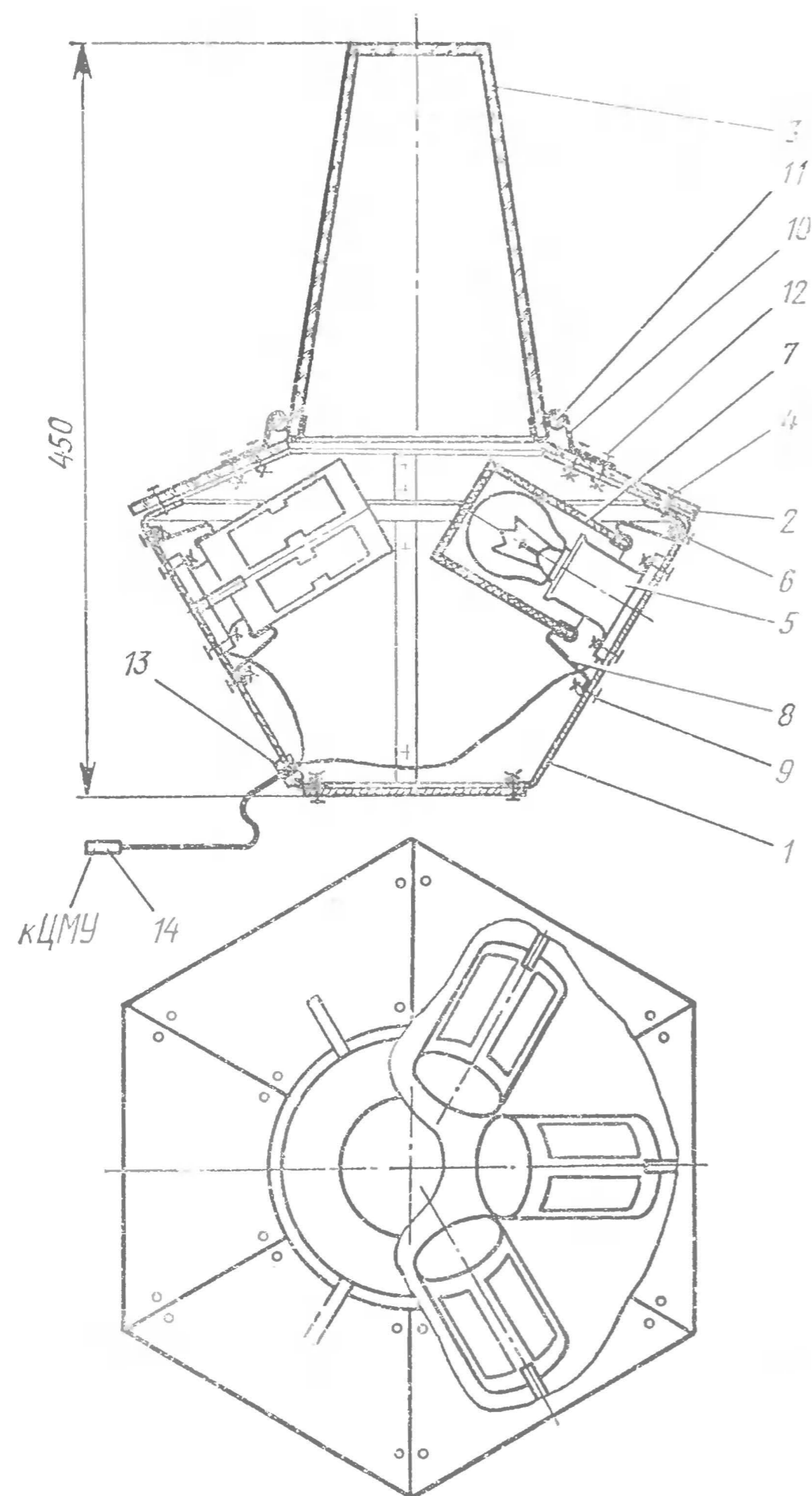


Рис. 1. Устройство ВОУ

кольцо 11, винты 12 (МЗ × 6). Внутри основания 1 устанавливаются патроны 5 с осветительными лампами. Над лампами расположены цветные фильтры 7.

Устройство цветного фильтра показано на рис. 5. Он представляет собой цилиндр, каркас которого 3 выполнен из листового алюминия. В каркасе с помощью отгиба-

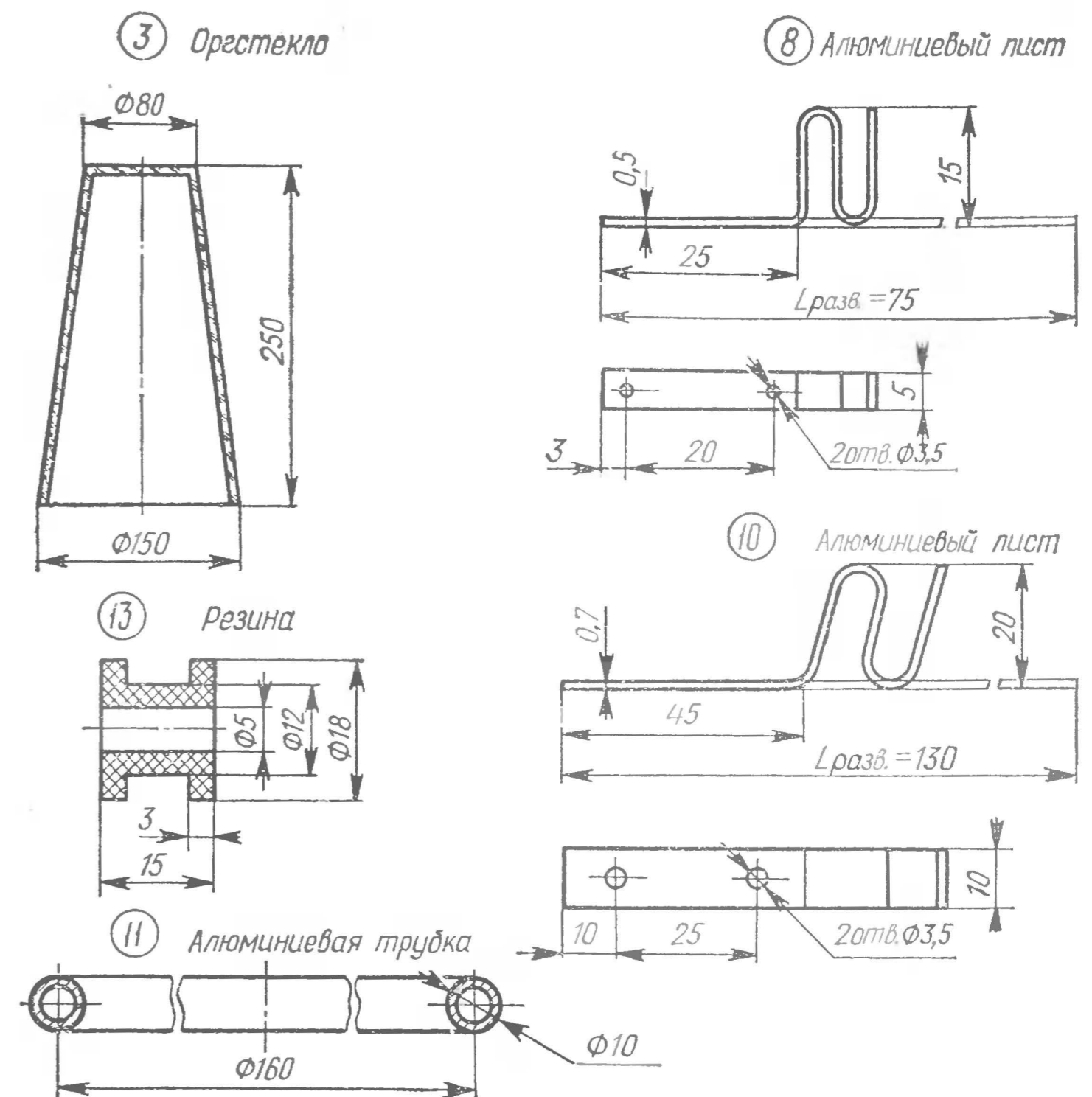


Рис. 2. Детали ВОУ

емых выступов закреплены цветные стекла 2 и 1. Цилиндр монтируется в скобах 8 (см. рис. 1). В качестве цветного стекла можно использовать фильтры театральных прожекторов.

Цветной фильтр можно также изготовить, склеивая его из стеклоткани, которую окрашивают цветным цапон-лаком. В этом случае лампы накаливания должны быть мощностью до 60 Вт.

Отдельные детали ВОУ приведены на рис. 2.

На рис. 3 показано устройство крышки. Для ее изготовления применяются шесть профилированных пластин 2, на которых располагаются трапеции из оргстекла, имеющие матированную поверхность. Основание изображено на рис. 4. Это шестигранник 2, на котором укреплены шесть

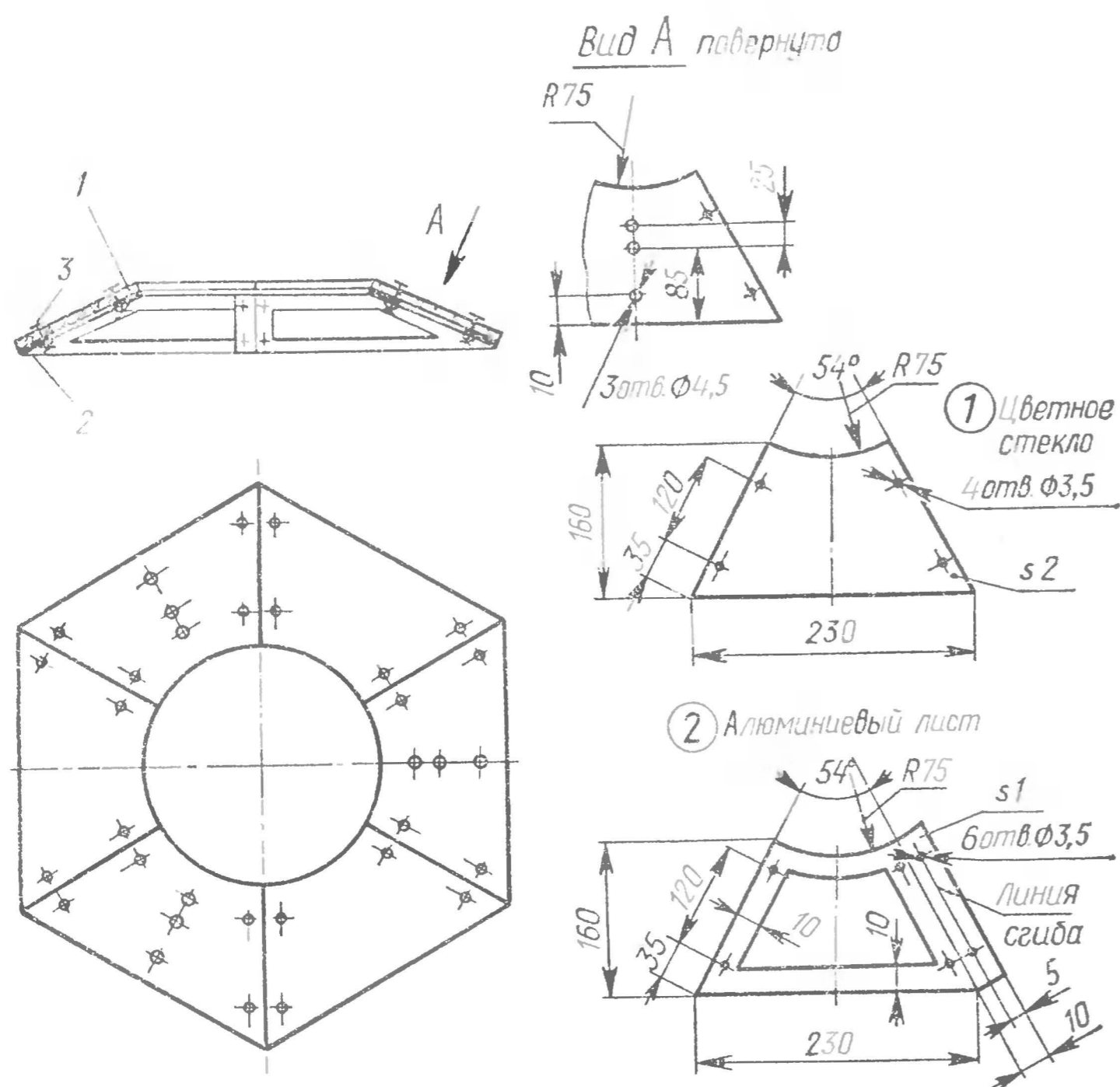


Рис. 3. Крышка

плоских ребер. К каждому ребру винтами М3 × 6 подсоединен патрон под осветительную лампу. Провода, идущие от ламп, находятся внутри основания и выводятся через обрезиненные отверстия 13 (см. рис. 1) в дне основания.

Принципиальная схема шестиканальной цветомузыкальной установки приведена на рис. 6. В качестве силовых коммутирующих элементов используются тиристоры, метод управления которыми — амплитудный.

Вход ЦМУ может быть подключен к любому звуковоспроизводящему устройству: магнитофону, проигрывателю, радиоприемнику. Уровень сигнала на входе: минимальный 0,1, максимальный 1,5 В. Сигнал на входе можно регулировать с помощью резистора R18.

Спектр входного сигнала распределяется между каналами ЦМУ следующим образом: красный — до 200 Гц, оранжевый — от 200 до 1100 Гц, зеленый — от 1100 до

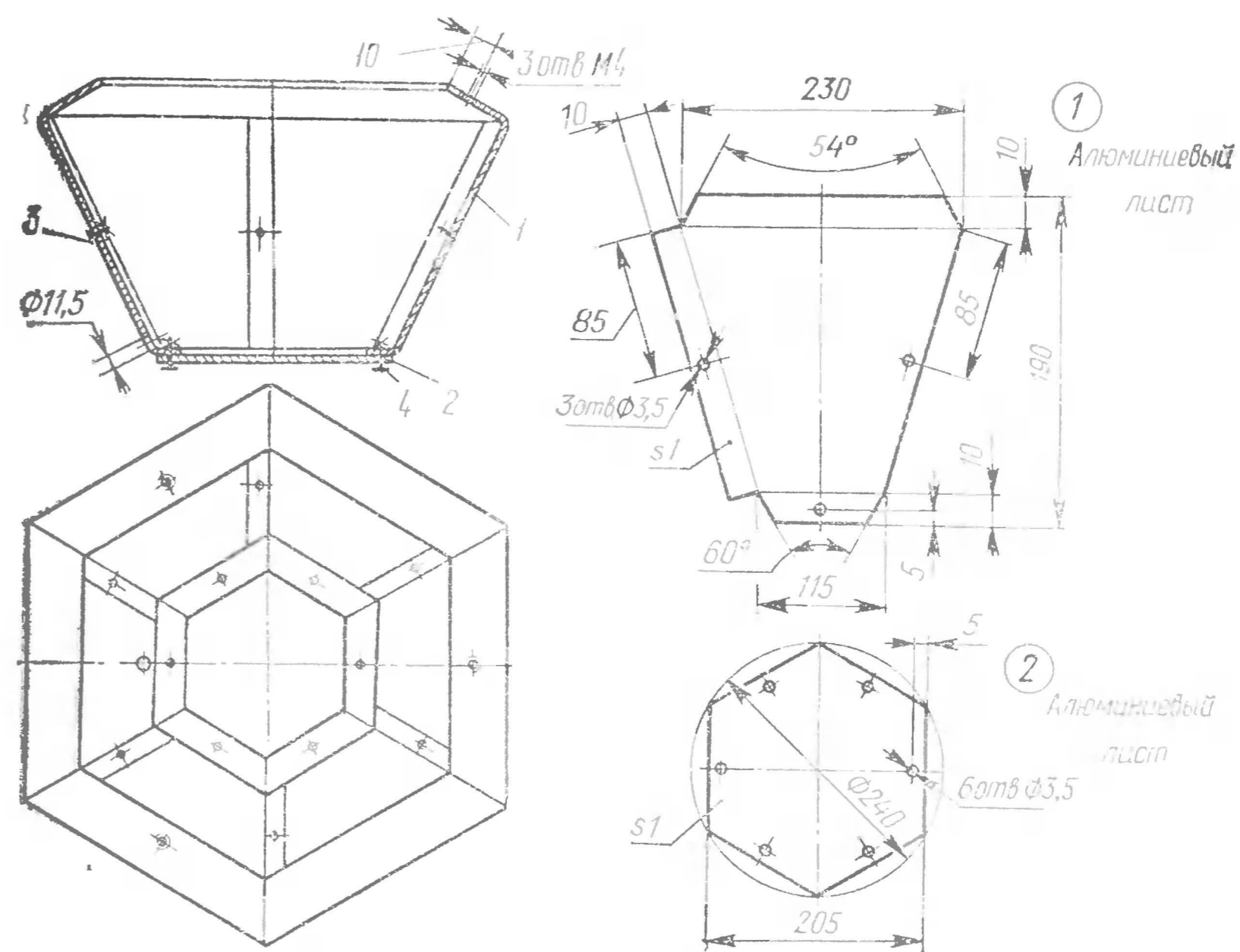


Рис. 4. Основание

2000 Гц, синий — от 2000 до 3500 Гц, фиолетовый — выше 3500 Гц.

Распределение спектра входного сигнала по каналам осуществляется LC-фильтрами. Звуковой сигнал, пройдя частотные фильтры L1—L8, C11—C18, диодные детекторы V19—V23 и сглаживающие фильтры R7—R11, C1—C10, усиливается транзисторами V13—V17 и поступает через диоды V7—V11 на управляющие электроды тиристоров V1—V5. Диоды V7—V12 служат для преобразования переменного напряжения вторичной обмотки трансформатора T1 в постоянное напряжение питания транзисторов V13—V18. Резисторы R1—R6 ограничивают ток коммутирующего импульса, предохраняя тиристор от перегрузки. Сопротивления этих резисторов следует подбирать опытным путем в зависимости от типа тиристоров. Вначале их берут равными 1,5—2 кОм, а если работа тиристора оказывается неудовлетворительной, сопротивление постепенно уменьшают, но не более чем до 300—500 Ом. Канал желтого цвета выполнен на транзисторе V18. Его

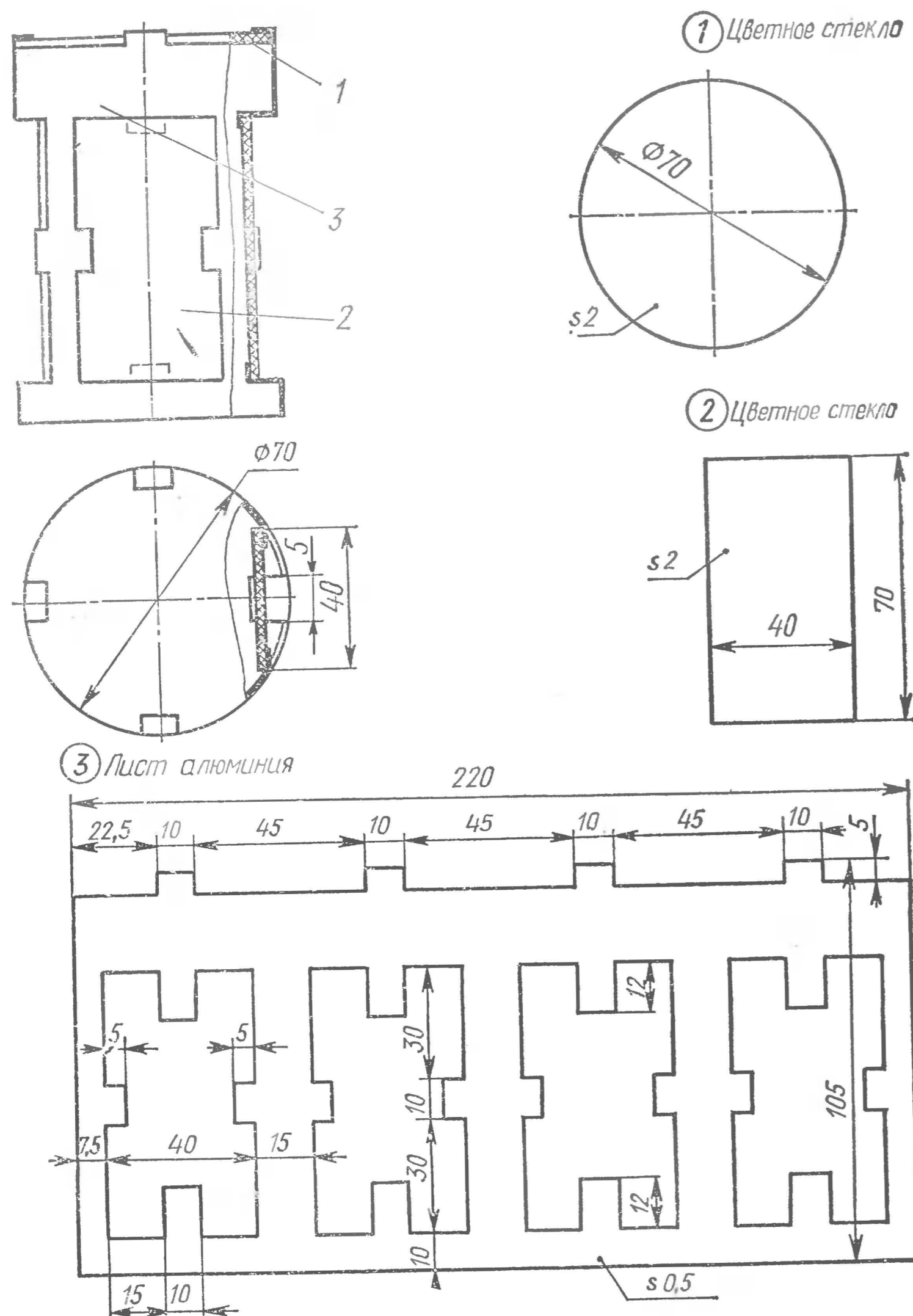


Рис. 5. Светофильтр

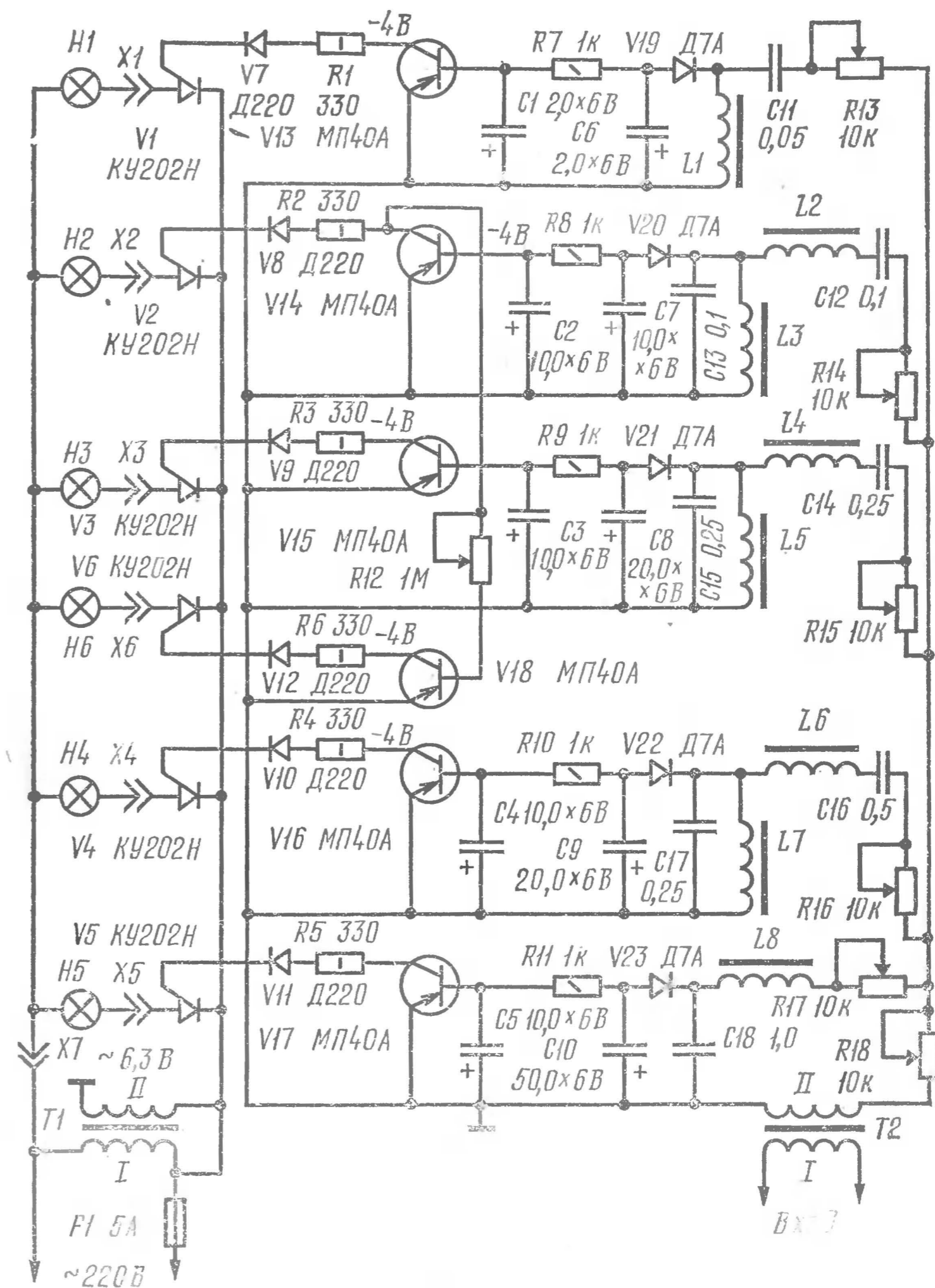


Рис. 6. Принципиальная схема ЦМУ

Таблица 1

Трансформа- тор	Сердечник	Об- мотка	Провод	Кол-во витков
T1	Ш16×23	I	ПЭЛ 0,12	2380
		II	ПЭЛ 0,31	100
T2	Ш16×24	I	ПЭЛ 0,51	60
		II	ПЭЛ 0,51	100

база соединена через резистор  $R12$  с коллектором транзистора  $V14$ . Это позволяет получить на коллекторе транзистора  $V18$  сигнал, который находится в противофазе с сигналом на коллекторе транзистора  $V14$ . Следовательно, тиристоры  $V2$  и  $V6$  будут работать также в противофазе, т. е. когда открыт тиристор  $V2$ , тиристор  $V6$  закрыт, и наоборот.

Резистор  $R12$  регулирует подачу напряжения на базу транзистора  $V18$ , т. е. управляет яркостью свечения лампы желтого цвета  $H6$ . Полностью выводить до нуля сопротивление резистора  $R12$  не следует, чтобы не нарушить режим работы тиристора  $V6$  и не вывести его из строя. Рекомендуется установить последовательно с  $R12$  резистор сопротивлением 33—47 кОм. Резисторы  $R13$ — $R17$  регулируют уровень входного сигнала, поступающего на соответствующий канал.

В ЦМУ могут быть применены конденсаторы МБМ и К50-6, переменные резисторы СП, СПО, тиристоры с  $V_{обр} \geq 400$  В. Трансформатор  $T1$  типа ТС, напряжением на вторичной обмотке 6,3 В, мощностью от 10 Вт и выше,

Таблица 2

Катушка	Кол-во витков	Индуктивность, мГ
L1	1600	100
L2	1600	100
L3	1600	100
L4	1600	100
L5, L6	2000	170
L7	2500	350
L8	3500	600

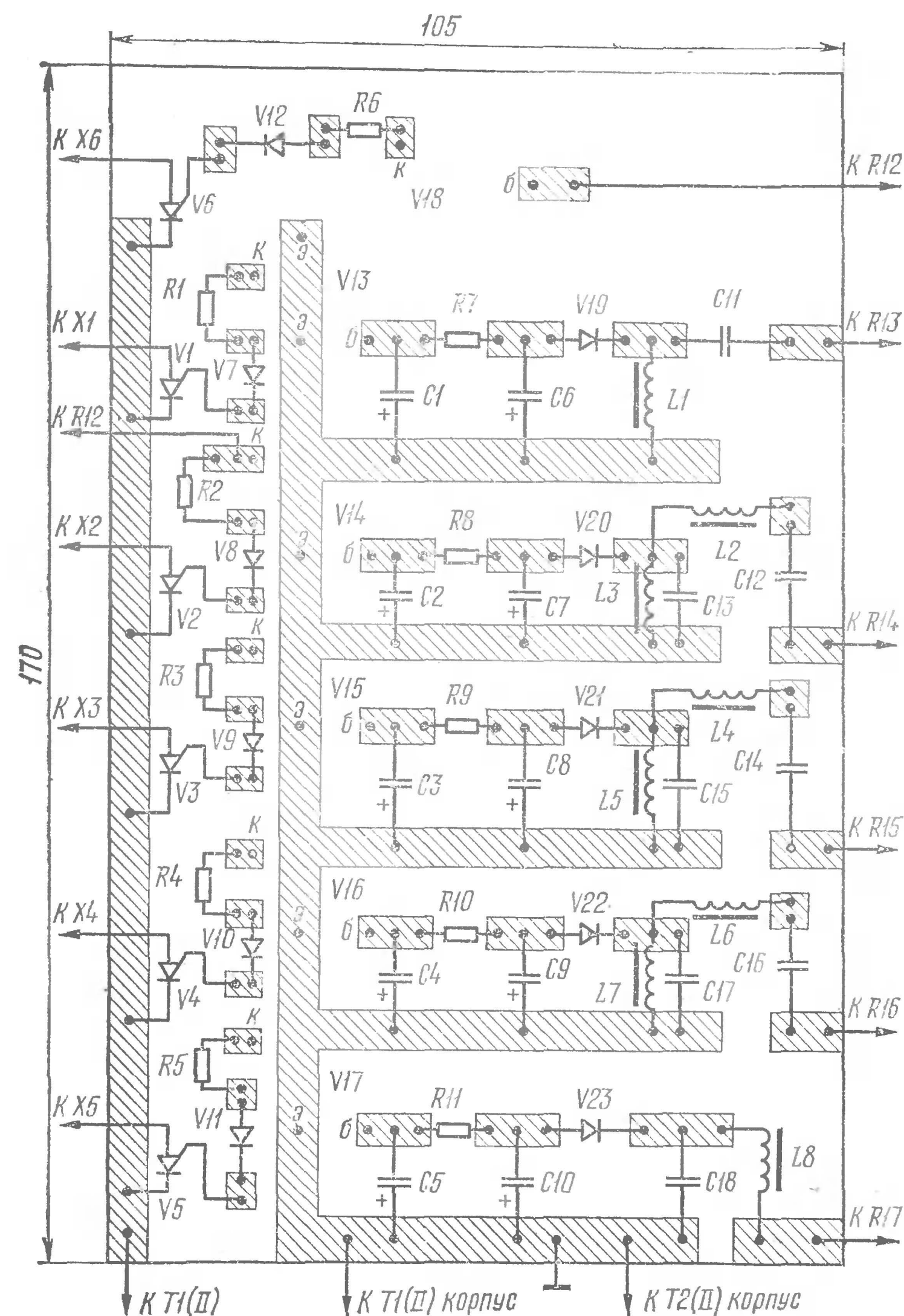


Рис. 7. Печатная плата ЦМУ

трансформатор  $T2$  может быть типа ТВН-3. Катушки фильтров  $L1—L8$  намотаны проводом ПЭЛ 0,08 на цилиндрическом картонном каркасе длиной 20 и диаметром 10 мм. Внутрь каркаса помещается ферритовый (600НН) стержень диаметром 8 и длиной 25 мм. Щечки каркаса имеют диаметр 25 мм. Сердечник можно перемещать внутри катушки, меняя тем самым индуктивность. Намоточные данные деталей приведены в табл. 1 и 2.

Лампы накаливания могут быть общего назначения напряжением 220 В и мощностью от 15 до 200 Вт. Элементы ЦМУ смонтированы на печатной плате (рис. 7). Для соединения выхода ЦМУ с ВОУ применен семиштырьковый разъем. Корпус ЦМУ (его размеры  $230 \times 140 \times 70$ ) изготовлен из фанеры и отделан шпоном ценных пород дерева. На передней панели корпуса расположены органы управления ЦМУ. Вход ЦМУ соединен экранированным проводом с выходом звуковоспроизводящего устройства.

Н а л а ж и в а н и е ЦМУ заключается в настройке фильтров на требуемые полосы частот. Это осуществляется перемещением сердечника в катушке. Для настройки используется звуковой генератор, сигнал с которого подается на вход ЦМУ. Изменяя частоту генератора, добиваются, чтобы соответствующие лампы ВОУ вспыхивали при подаче сигнала в требуемом диапазоне частот.

## ЭЛЕКТРОНИКА В БЫТУ

### ШАХМАТНЫЕ ЧАСЫ С СЕНСОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В. Николаева, Б. Юрчук

В шахматных часах, описание которых приведено, использован цифровой принцип отсчета и индикации времени игры. Часы имеют высокую стабильность, точность отсчета до 1 с и сенсорное управление. Игровое время каждого партнера 5 мин. Габариты часов  $165 \times 115 \times 70$  мм.

Принципиальная схема часов содержит два одинаковых счетчика времени, блок сенсорного переключения, блок управления и блок питания.

Принципиальная схема одного счетчика времени приведена на рис. 1. Счетчик состоит из триггера  $D1.1$ , делящего входную частоту 2 Гц на два, делителя на десять на триггерах  $D1.2$ ,  $D3.1$ ,  $D3.2$ ,  $D4$  с дешифратором  $D2$  и индикатором  $H1$  и двух делителей на шесть на триггерах  $D5.1$ ,  $D5.2$ ,  $D7.1$  ( $D7.2$ ,  $D9.1$ ,  $D9.2$ ) с дешифраторами  $D6$ ,  $D8$  и индикаторами  $H2$ ,  $H3$ .

Принципиальная схема блока сенсорного переключения приведена на рис. 2.

Она содержит генератор прямоугольных импульсов частотой около 150 кГц, собранный на элементах  $D1.1—D1.3$ , два ключевых каскада на транзисторах  $V2$ ,  $V3$  и  $V4$ ,  $V5$  и управляющий триггер на микросхеме  $D2$ .

Принцип работы сенсорного переключателя емкостной. В исходном состоянии импульсное напряжение с генератора через конденсаторы  $C1$ ,  $C2$  и  $C6$ ,  $C7$  поступает на выпрямители на диодах  $V1$  и  $V6$ . Ключи  $V2$ ,  $V3$  и  $V4$ ,  $V5$  закрыты положительным напряжением, образующимся на конденсаторах фильтра выпрямителей  $C3$ ,  $C5$ . При касании игроками сенсорных площадок  $X1$  или  $X2$  в результате шунтирования емкостью тела человека путей прохождения высокой частоты срабатывает соответствующий ключ на транзисторах  $V2$ ,  $V3$  и  $V4$ ,  $V5$ , и триггер  $D2$  устанавливается соответственно в состояние «1» или «0». Сигналы с прямого (А) и инверсного (Б) выходов триггера  $D2$  поступают на блок управления.

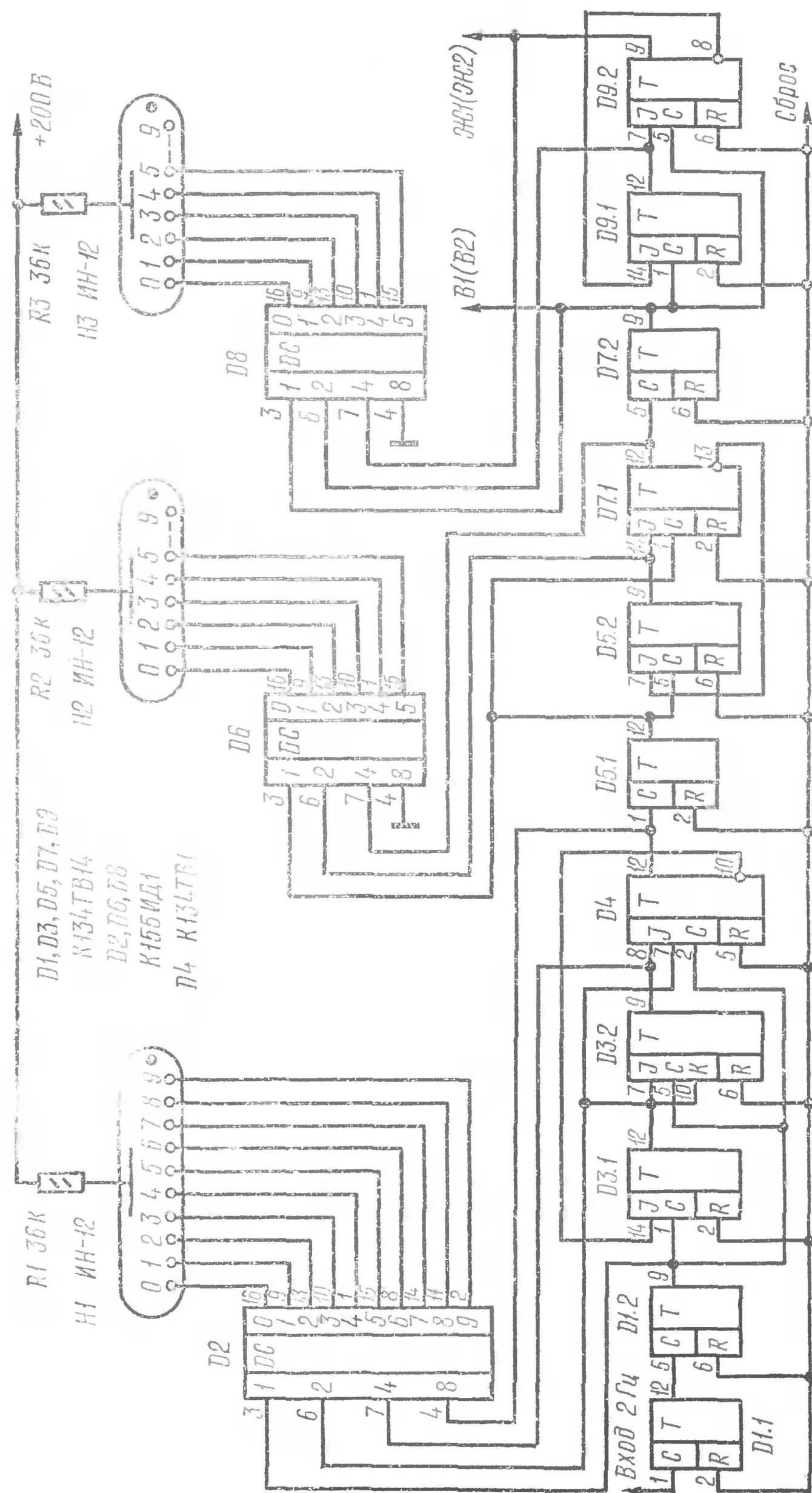


Рис. 1. Принципиальная схема счетчика времени

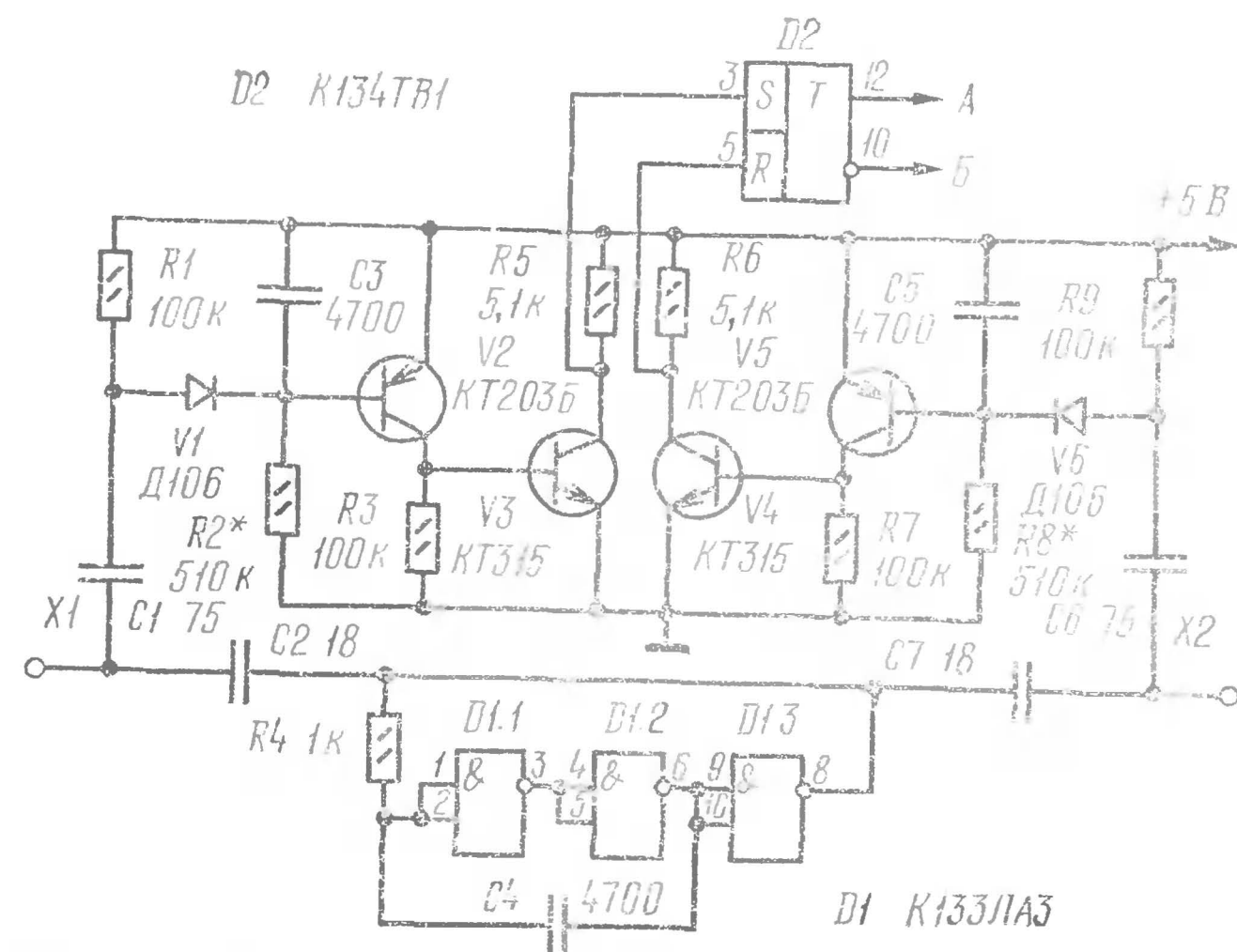


Рис. 2. Принципиальная схема блока сенсорного переключения

Принципиальная схема блоков управления и питания приведена на рис. 3. Блок питания выдает пульсирующее напряжение 200 В для анодного питания индикаторов счетчика времени и стабилизированное напряжение +5 В для питания микросхем и транзисторов. Стабилизатор на напряжение +5 В собран на операционном усилителе A1 и транзисторах V6 и V7.

Работу блока управления рассмотрим совместно с работой счетчиков времени и сенсорного переключателя. Перед началом игры тумблер S1 замкнут, нажимается кнопка S2 «Сброс» и тем самым устанавливаются в нулевое состояние счетчики времени и декадные делители блока управления, собранные на микросхемах D4, D6, D5, D7. Шахматист, играющий черными, касается своей сенсорной площадки и переводит тумблер S1 в положение «Пуск». При этом с генератора, собранного на элементах D1.1—D1.3, блока управления проходят импульсы частотой 200 Гц через элемент D3.1 (на входах 9, 10, 13 — высокий потенциал) на входы элементов D2.3, D2.4. Допустим, игрок коснулся сенсора X1. Триггер D2 (см. рис. 2) установится в состояние «1». Сигнал логического нуля с инверсного выхода триггера запрещает прохождение импульсов через элемент D2.4, а сигнал логической единицы разрешает

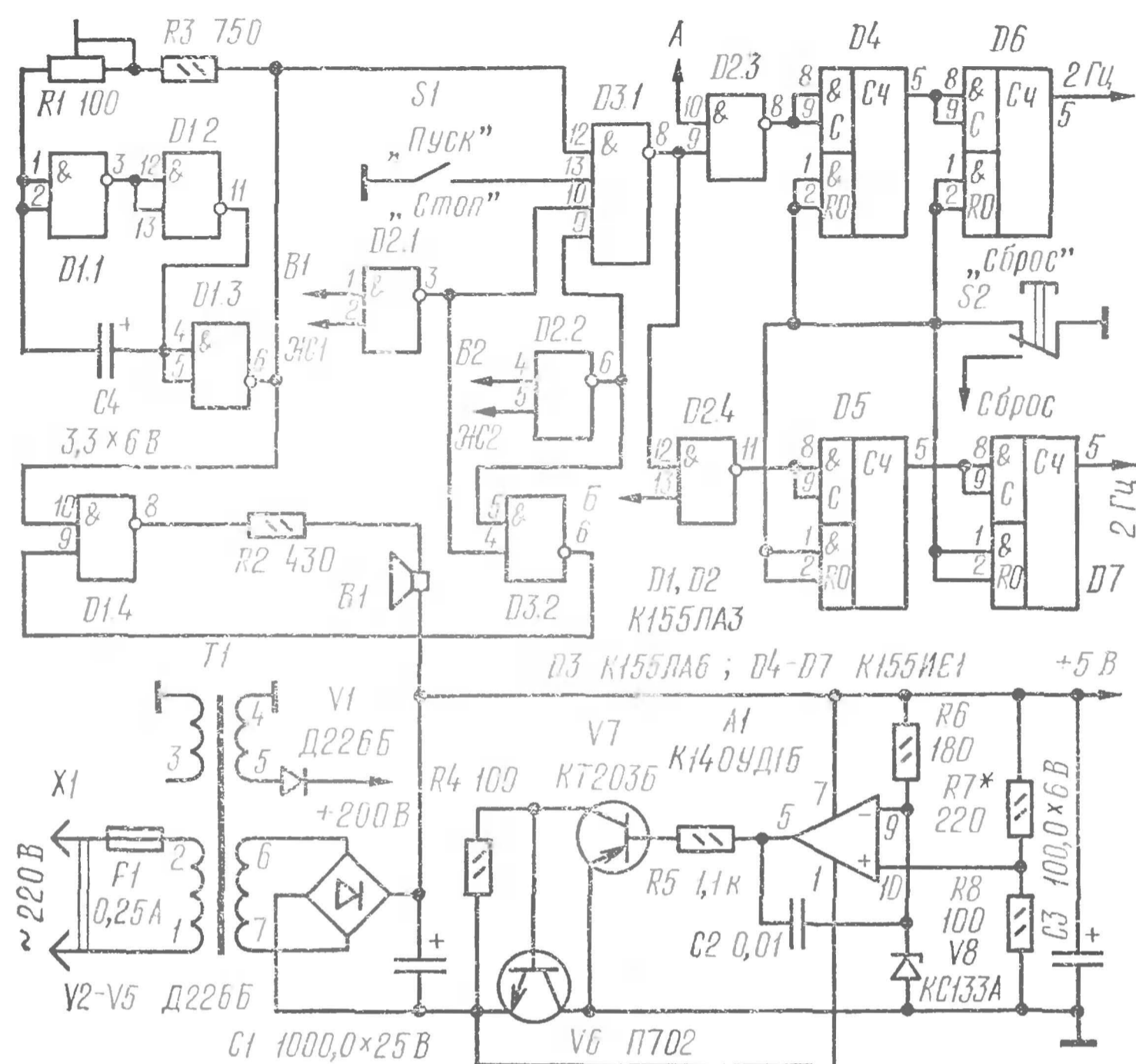


Рис. 3. Принципиальная схема блока управления и блока питания

прохождение импульсов через элемент  $D2.3$  и далее через делитель ( $D4, D6$ ) с коэффициентом деления 100 на счетчик времени партнера. Партнер, сделав ответный ход, касается сенсора  $X2$ , триггер  $D2$  перебрасывается в состояние «0». Элемент  $D2.3$  блока управления закрывается, а элемент  $D2.4$  пропускает импульсы частотой 200 Гц на делитель ( $D5, D7$ ) и далее на счетчик времени первого игрока и т. д.

При достижении одним из счетчиков времени состояния 5 мин 00 с на прямых выходах триггеров  $D7.2$  и  $D9.2$  (см. рис. 1) окажется потенциал логической единицы, на выходе элемента  $D2.1$  или  $D2.2$  блока управления потенциал логического нуля, на выходе элемента  $D3.2$  сигнал логической единицы. Элемент  $D3.1$  закрывается, запрещая прохождение импульсов на счетчики времени, а  $D1.4$  открывается, пропуская импульсы частотой 200 Гц на громкоговоритель  $B1$ , сигнализирующий об окончании партии.

При необходимости можно прервать партию, переводя тумблер  $S1$  в положение «Стоп».

Конструкция и детали. Часы собраны в дюралюминиевом корпусе, оклеенном пластиком, имитирующим древесину ценных пород.

Для удобства наблюдения за текущим временем индикаторы расположены под углом  $45^\circ$  к передней стенке. На верхней крышке часов расположен тумблер  $S1$  («Пуск — Стоп»), кнопка  $S2$  («Сброс») и две сенсорные площадки, представляющие собой винты  $M4$  с широкой плоской отполированной головкой, изолированные от корпуса. Диаметр головки винта 15 мм.

Транзистор  $V2$  стабилизатора установлен без изолирующей прокладки на задней стенке, служащей ему теплоотводом. Громкоговоритель  $B1$  крепится к передней стенке. Трансформатор  $T1$  намотан на сердечнике от трансформатора кадровой развертки ТВК-ЛМ-К; обмотка 1—2 содержит 2480 витков ПЭВ-2 0,12; экранирующая обмотка 3 — один слой ПЭВ-2 0,12; обмотка 4—5 — 2300 витков ПЭВ-2 0,1; обмотка 6—7 — 132 витка ПЭВ-2 0,47. Детали часов смонтированы на пяти печатных платах из двустороннего фольгированного стеклотекстолита.

На плате размером  $150 \times 30$  мм расположены индикаторы счетчиков времени и анодные токоограничивающие резисторы.

На плате размером  $150 \times 30$  мм расположены делители и дешифраторы счетчиков времени. Плата сенсорного переключателя имеет размер  $50 \times 30$  мм. Она крепится под верхней крышкой часов в непосредственной близости к сенсорным площадкам. На плате размером  $72 \times 45$  мм расположены блок управления и стабилизатор. Диоды выпрямителя и конденсатор фильтра  $C1$  размещены на отдельной плате ( $50 \times 45$  мм). Монтаж плат может быть разработан радиолюбителями самостоятельно.

Громкоговоритель  $B1$  типа 0,1ГД-13. Можно использовать любой малогабаритный громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки 60 Ом. Резистор  $R1$  блока управления СП5-3. Конденсатор  $C4$  К52-1, остальные конденсаторы КМ4, КЛС, К50-6. Тумблер  $S1$  МТ-1, кнопка  $S2$  КМ-1.

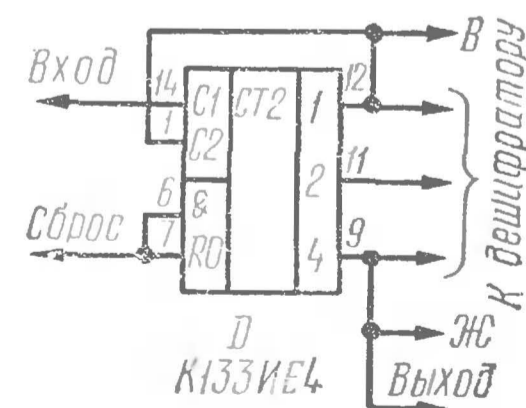


Рис. 4. Схема делителя на шесть на микросхеме  $K133IE4$

Микросхемы 155 серии заменяются на аналогичные 133-й серии. Делитель на десять счетчиков времени можно собрать на микросхеме K155IE2 или K133IE2, делитель на шесть — на микросхеме K155IE4 или K133IE4. Схема делителя на шесть на микросхеме K133IE4 приведена на рис. 4. Триггер K1TK341 (K134TB1) можно заменить на K1TK551 (K155TB1) или K1TK331 (K133TB1).

Наладивание часов начинается со стабилизатора. Подбирая резистор  $R7$ , (см. рис. 3) устанавливают на выходе напряжение  $5\text{ В} \pm 5\%$ . В сенсорном переключателе (см. рис. 2) подбором резисторов  $R2$  и  $R8$  добиваются четкого переключения триггера  $D2$  от прикосновения к сенсорным площадкам. В блоке управления (см. рис. 3) резистором  $R1$  устанавливают частоту генератора  $200 \pm 1$  Гц. Это можно выполнить при помощи частотомера или с секундомера по индикаторам часов.

Счетчики времени наладивания не требуют.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

### ОСЦИЛЛОГРАФ СО СВИП-ГЕНЕРАТОРОМ

А. Крючков

Осциллограф позволяет исследовать периодические (до 10 МГц) и импульсные ( $10^{-3}$ — $10^{-5}$  мс) сигналы, имеющие амплитуду от  $10^{-3}$  до 300 В. Генератор изменяющейся частоты, или свип-генератор, работает в диапазоне 0,15—230 МГц с максимальной девиацией частоты 20 МГц, обеспечивая выходное напряжение от 0 до 0,25 В. Неподвижные частотные метки выдаются через 1 или 10 МГц.

Свип-генератор (рис.1) содержит узлы: задающий генератор ( $V1$ ,  $V2$ ,  $V5$ ,  $V6$ ), смеситель сигналов ( $V8$ ), усилитель высокочастотного сигнала ( $V13$ — $V16$ ), триггер с фазоинвертором ( $D1.1$  и  $D2.1$ ), кварцевый калибратор ( $D1.2$ ,  $D1.3$ ,  $D1.4$  и  $V3$ ), смеситель меток ( $V17$ ) и усилитель меток ( $A1$ ).

Задающий генератор состоит из двух автогенераторов, сигналы с которых подаются на смеситель. Частота колебаний автогенератора на транзисторе  $V5$  (среднее значение которой равно 250 МГц) изменяется под действием пилообразного напряжения, подаваемого на варикап  $V4$ , подключенный к контуру  $L1C25$ . Частоту колебаний автогенератора на транзисторе  $V6$  перестраивают в диапазоне 240—490 МГц потенциометром  $R35$ , меняя постоянное напряжение на варикапе  $V7$ , который подключен к контуру  $L2C28$ . Пилообразное напряжение частотой 50—100 Гц размахом 10 В поступает с выхода генератора горизонтальной развертки осциллографа на варикап  $V4$  через конденсаторы  $C2$ ,  $C3$ ,  $C17$ ,  $C18$  и резистор  $R23$ . Триггер со счетным входом ( $D2.1$ ), срабатывающий от инвертированных микросхемой  $D1.1$  импульсов, поступающих с триггера  $D5.1$  горизонтальной развертки осциллографа, управляет транзистором  $V1$ , через который питается генератор на транзисторе  $V5$ .

Поэтому высокочастотное напряжение на выходе свип-генератора периодически отсутствует, что обеспечивает

получение нулевой линии (оси частот) на экране осциллографа. Для согласования выхода  $D2.1$  с транзистором  $V1$  служит транзистор  $V2$ . Чтобы обеспечить компенсацию паразитной амплитудой модуляции сигнала генератора при изменении пилообразного напряжения, напряжение питания генератора на транзисторе  $V5$  должно изменяться по такому же закону. Для этого с резистора  $R2$  пилообразное напряжение поступает на базу  $V1$ .

Сигналы с обоих генераторов подаются на базу транзистора  $V8$  (смеситель сигналов). Сигнал разностной частоты, пройдя фильтр  $L3-L9, C33, C35, C36$ , пропускающий сигналы частот  $0-240$  МГц, и усилитель на транзисторах  $V13-V16$  с полосой пропускания не менее  $230$  МГц, подается на выход ( $X1$ ). Амплитуда сигнала регулируется потенциометром  $R55$ .

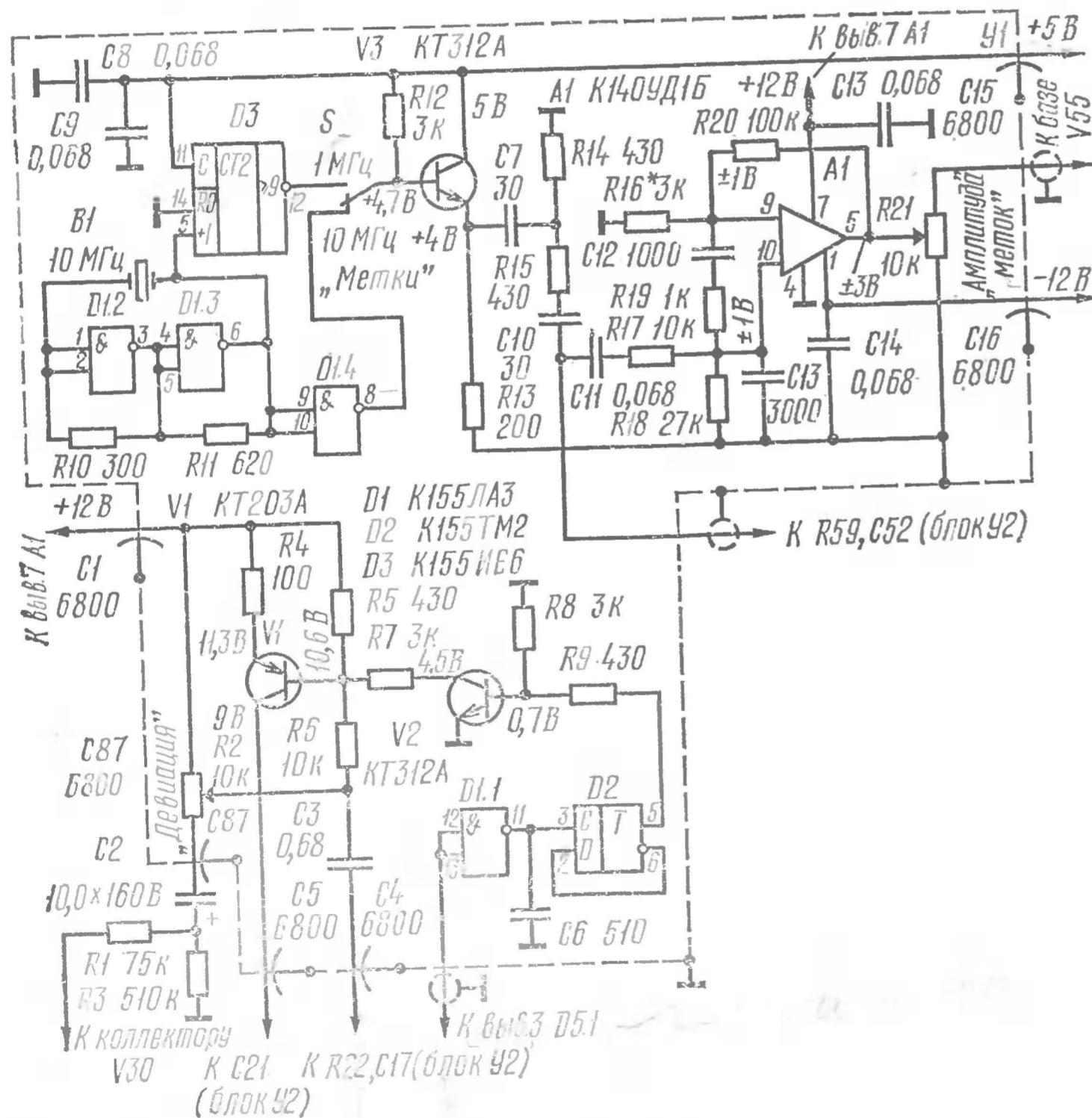
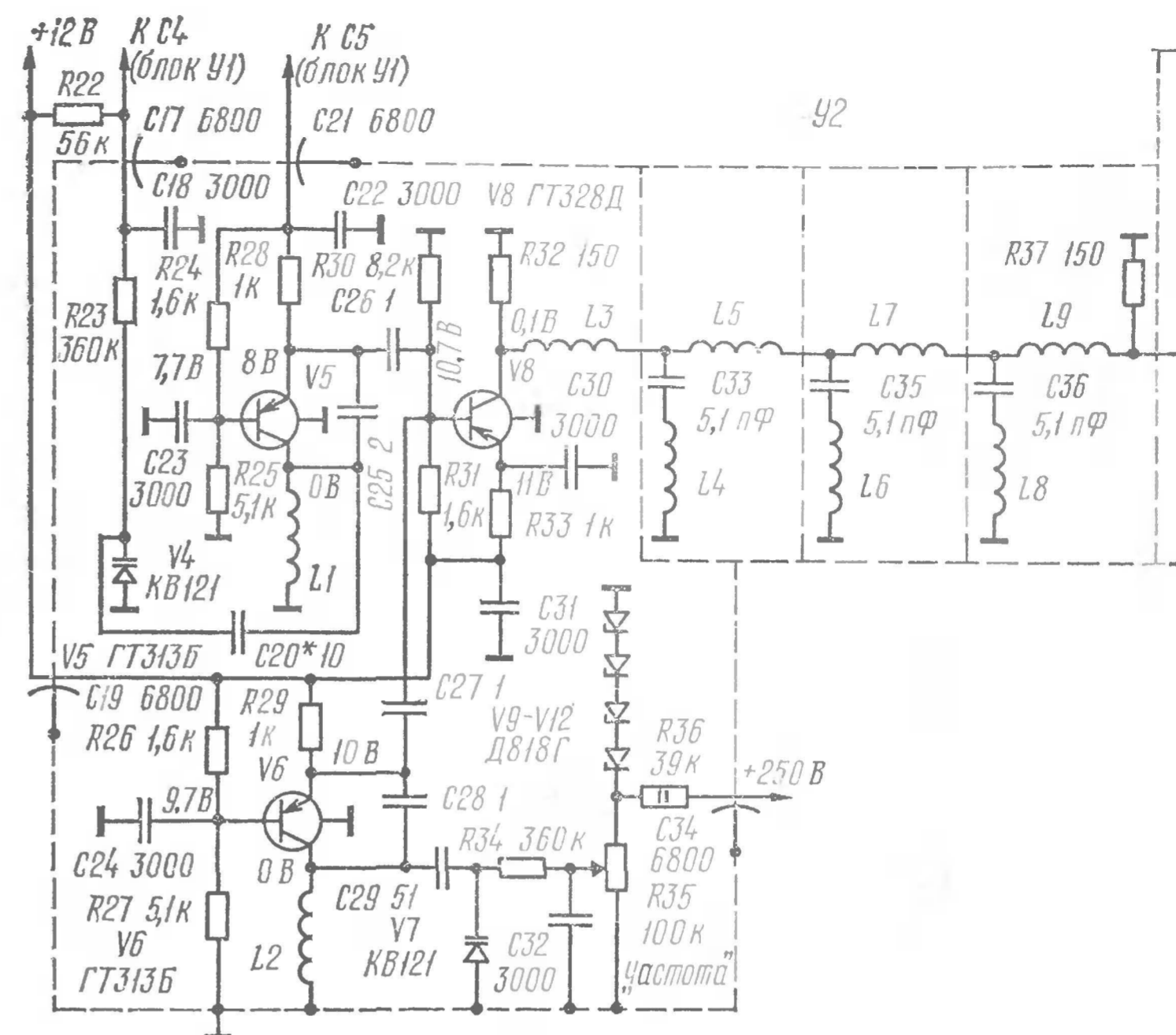
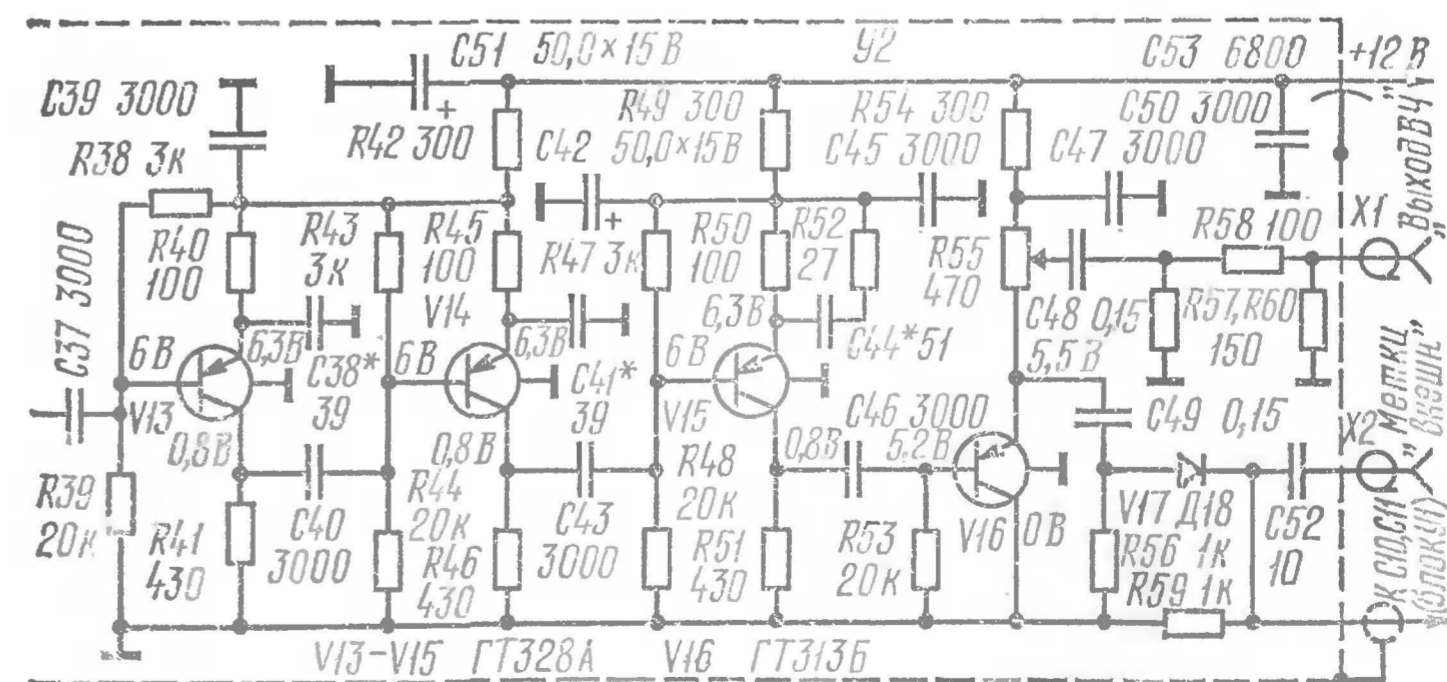


Рис. 1. Принципиальная схема свеп-генератора



Продолжение рис. 1



Продолжение рис. 1

На микросхеме *D1.2*, *D1.3* выполнен генератор частоты 10 МГц по схеме мультивибратора в автоколебательном режиме. Прямоугольные импульсы частотой 10 МГц, инвертированные микросхемой *D1.4*, через переключатель *K1* подаются на эмиттерный повторитель (*V3*). Импульсы частотой 1 МГц, получающиеся делением в счетчике *D3* импульсов частотой 10 МГц, также подаются на эмиттерный повторитель. После этого импульсы частотой 10 или 1 МГц поступают на смеситель меток (диод *V17*). На этот же диод через конденсатор *C49* подается напряжение с выхода высокочастотного генератора. К выходу смесителя через конденсатор *C11* подключен фильтр нижних частот *R17C13R18*, пропускающий частоты до 20 кГц в те моменты, когда изменяющаяся частота генератора отличается менее чем на 20 кГц от одной из частот кварцевого калибратора. На выходе фильтра выделяются напряжения, которые усиливаются операционным усилителем *A1* и подаются на базу транзистора *V55* выходного каскада канала вертикального отклонения. Регулировка амплитуды меток на экране осциллографа осуществляется с помощью потенциометра *R21*.

Для получения подвижной метки напряжение от внешнего генератора подают на гнездо «Метки внешние».

Все напряжения питания на каскады поступают через проходные конденсаторы.

Осциллограф (рис. 2) состоит из усилителя канала вертикального отклонения луча (блок *У4*), усилителя канала горизонтального отклонения луча (блок *У3*) и электронно-лучевой трубки.

Рассмотрим принципиальную схему канала вертикального отклонения луча. Исследуемый сигнал поступает на гнездо *X5* «Y», а с него на делитель напряжения (*R119—R121* и *C81—C83*), уменьшающий сигнал в 1000 и 100 раз (при нажатии соответственно на кнопки *S4.2* и *S4.3*). При нажатии на кнопки *S4.4* и *S4.5* входной сигнал поступает непосредственно на затвор полевого транзистора *V51*, включенного по схеме истокового повторителя.

Для получения нулевого потенциала на выходе истокового повторителя применен делитель *R131—R133*. Резисторы *R110*, *R112*, *R116* и диоды *V47—V50* защищают истоковый повторитель от перегрузок по напряжению. Конденсатор *C80* компенсирует частотные искажения.

С истокового повторителя сигнал поступает на вход

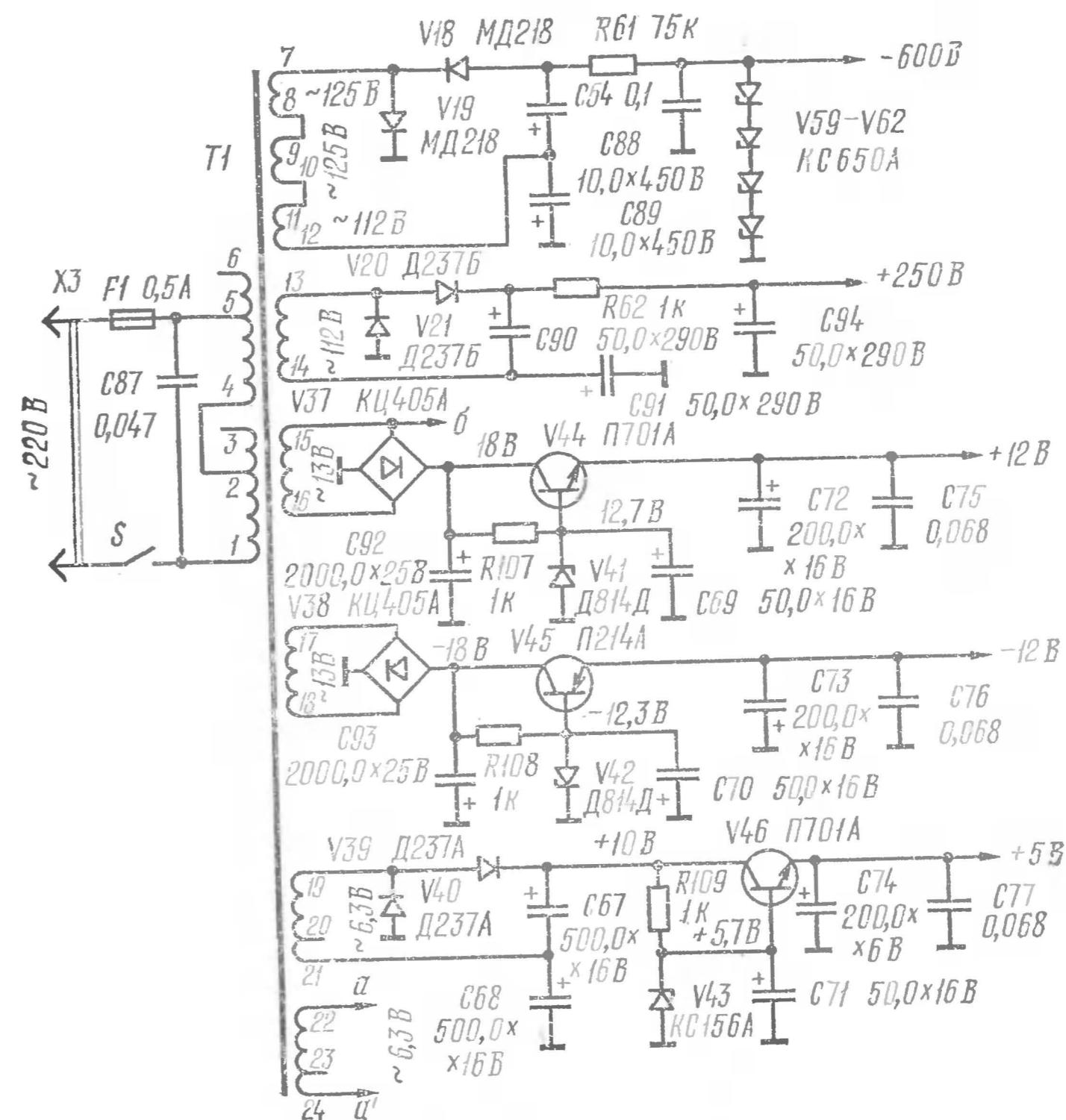
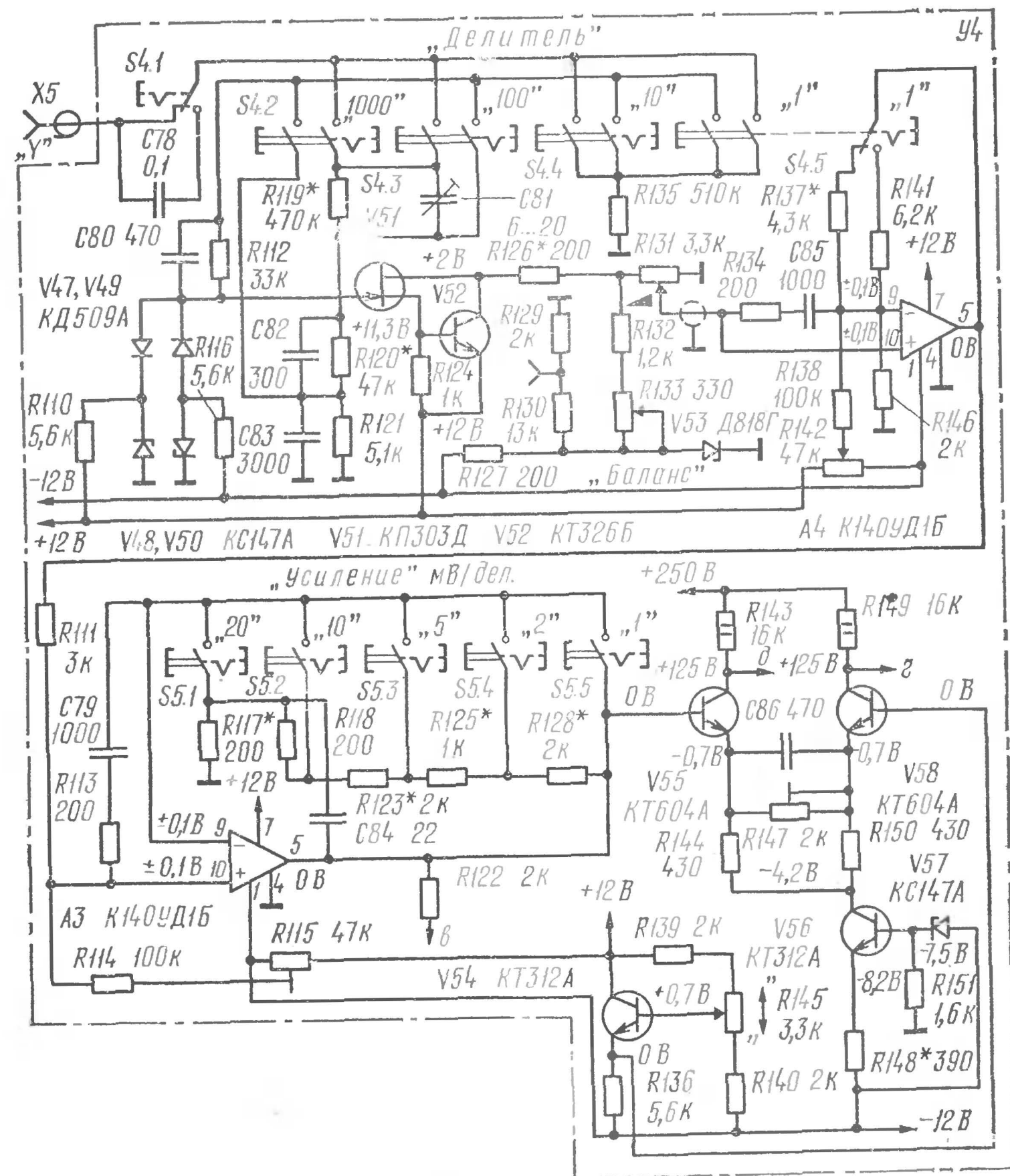
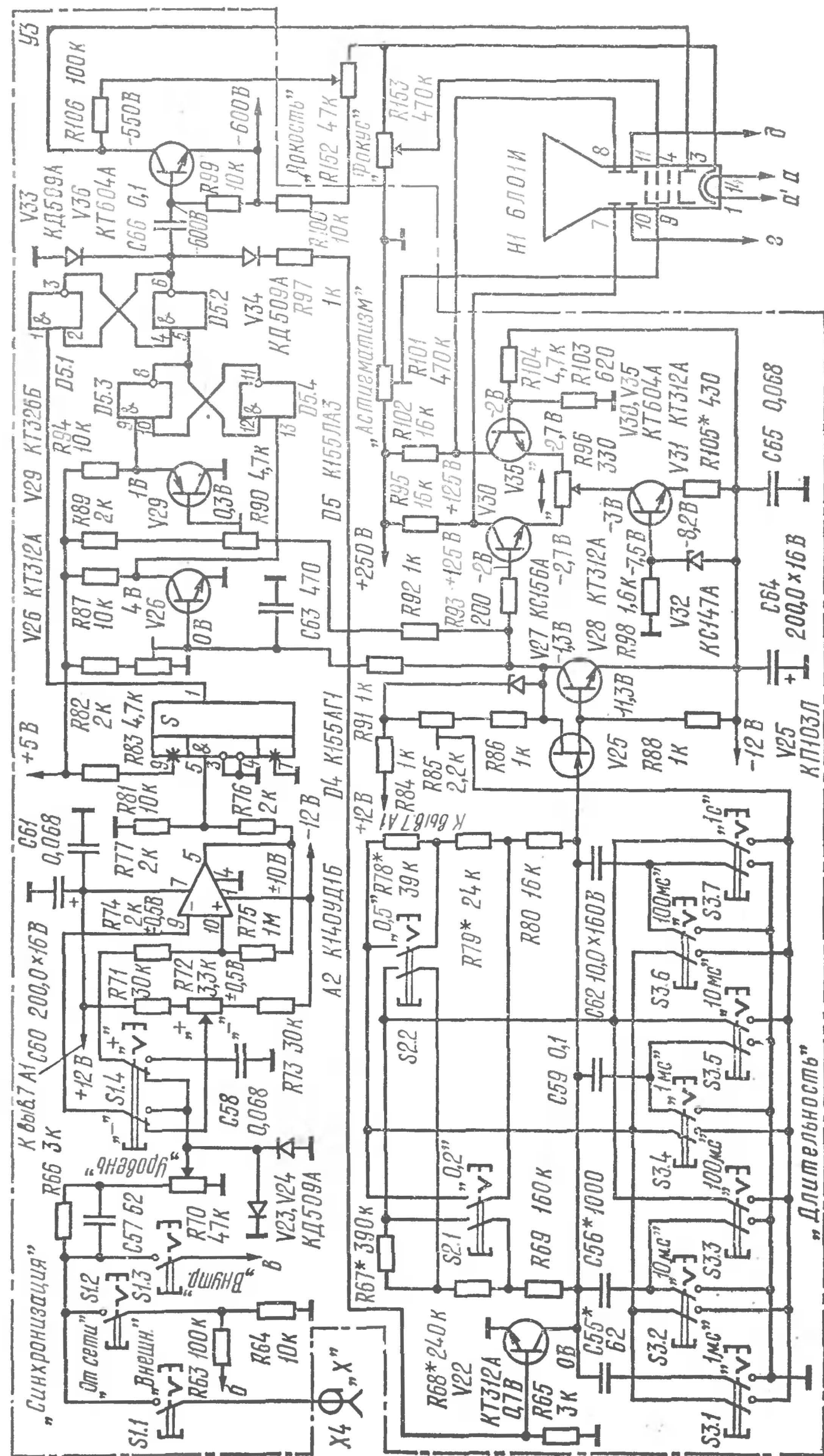


Рис. 2. Принципиальная схема осциллографа

операционного усилителя *A4*, который через резисторы *R137* или *R141* охвачен отрицательной обратной связью. При нажатии на кнопку *S4.5* коэффициент обратной связи изменяется в 10 раз. Напряжение смещения нуля на входе *A4* компенсируют резистором *R142*.

На микросхеме *A3* выполнен второй масштабный усилитель. Коэффициент обратной связи, определяемый делителем *R117R118R123R125R128*, можно изменять кнопочным переключателем *S5*. При нажатии на кнопки *S5.1—S5.5* коэффициент усиления масштабного усилителя составляет соответственно 20, 10, 5, 2, 1. Напряжение смещения нуля компенсируют подстроечным резистором *R115*.

С выхода усилителя *A3* сигнал поступает на узел синхронизации и на выходной усилитель, выполненный на транзисторах *V55*, *V58* и *V56* по балансной схеме.



Продолжение рис. 2

Потенциометром  $R145$  можно перемещать изображение на экране осциллографа по вертикали, а  $R147$  — регулировать усиление выходного каскада.

Канал горизонтального отклонения луча состоит из узла синхронизации и генератора развертки. При нажатии на одну из кнопок *S1.1—S1.3* синхронизирующий сигнал через делитель *R66R70* подается на один из входов (выбирают переключателем *S1.4*) усилителя синхронизирующих импульсов *A2*, а на второй его вход — постоянное напряжение, уровень и полярность которого можно

изменять потенциометром *R72*, тем самым регулируя момент синхронизации развертки.

Сигнал с выхода *A2* управляет работой электронного ключа на микросхеме *D4* (ждущий мультивибратор). С выхода мультивибратора короткий отрицательный импульс поступает на триггер (*D5.1*, *D5.2*). Импульсы с выхода *D5.2* управляют работой генератора развертки, который работает в ждущем режиме. Генератор развертки включает в себя времязадающие конденсаторы *C55*, *C56*, *C59*, *C62*, электронный ключ на транзисторе *V22*, каскады регистрации начала и окончания разряда времязадающих конденсаторов на транзисторах *V26* и *V29* и стабилизатор зарядного тока на транзисторах *V25*, *V28*.

Генератор развертки работает следующим образом. В исходном состоянии на выходах *D5.2* и *D5.3* — логическая единица, а на выходах *D5.1* и *D5.4* — логический ноль. С выхода *D5.2* положительное напряжение подается на базу транзистора *V22* и удерживает его в открытом состоянии. Времязадающие конденсаторы при этом разряжены. С приходом на вход *D5.1* (вывод 1) отрицательного импульса со ждущего мультивибратора на выходе *D5.2* появляется логический ноль, транзистор *V22* закрывается и начинается заряд времязадающего конденсатора. Как только линейно возрастающее напряжение на выходе истокового повторителя (*V25*) достигнет определенного уровня (устанавливают потенциометром *R83*), транзистор *V26* открывается и на вход триггера *D5.3*, *D5.4* подается низкий логический уровень. С выхода *D5.3* логический ноль подается на вход *D5.2* (вывод 5) и возвращает первый триггер в исходное состояние. Транзистор *V22* открывается и начинается разряд времязадающего конденсатора. По окончании разряда на эмиттере транзистора *V29* напряжение достигнет уровня 0,3—0,4 В. При этом триггер возвращается в исходное состояние.

Выходной каскад генератора развертки собран на транзисторах *V30*, *V35* по схеме, аналогичной выходному каскаду канала вертикального отклонения луча.

Узел гашения обратного хода луча выполнен на транзисторе *V36*. Положительный импульс с длительностью, равной обратному ходу развертки, снимается с первого триггера (*D5.1*, *D5.2*) и через конденсатор *C66* подается на ключ, осуществляя гашение луча трубки на время обратного хода развертки. Для защиты от пробоя высоким

Таблица 1

Данные катушек свип-генератора

Обозначение по схеме рис. 1	Число витков	Провод
<i>L1</i> , <i>L9</i>	2	ПЭВ-2 0,31
<i>L2—L8</i>	3	ПЭВ-2 0,31

напряжением в момент включения питания применен диод *V33*.

К о н с т р у к ц и я. Элементы прибора размещены на четырех печатных платах (*У1—У4*). Платы устанавливаются на П-образном шасси из алюминия. Электронно-лучевая трубка и трансформатор помещены в стальные экраны.

На переднюю панель прибора выведены два разъема «Y» и «X» и все органы управления осциллографом: «Яркость» (*R152*), «Фокус» (*R153*), «Усиление» (*R131*), «Баланс» (*R133*), «Смещение луча по вертикали» (*R145*); переключатели чувствительности канала вертикального отклонения луча «Делитель» (*S4*), «Усиление» (*S5*), потенциометры величины и полярности сигнала синхронизации «Уровень» (*R70*), «+», «—» (*R72*); смещение луча по горизонтали (*R96*); переключатель «Синхронизация» (*S1*); переключатель «Длительность развертки» (*S2*).

На верхнюю плоскость прибора выведены органы управления свип-генератором «Девияция» (*R2*), «Частота» (*R35*), «Амплитуда меток» (*R21*). «Выход ВЧ» (*R55*), переключатель «Метки» (*K1*) и разъемы «Выход ВЧ», «Метки внешние».

Обе платы свип-генератора помещены в экраны. Катушки фильтра расположены по две, взаимно перпендикулярно, в отведенных для них отсеках.

Все катушки бескаркасные и намотаны на оправке диаметром 3 мм.

В осциллографе применены конденсаторы КМ, К50-6, К53-7, переменные резисторы СПО-1 и СП, переключатели П2К, высокочастотные разъемы СР-50-70Ф.

Н а с т р о й к у прибора начинают с автономной проверки питания — переменного напряжения накала ЭЛТ и постоянного напряжения на выходах —600, +250, +12, —12, +5 В соответственно при подключенных эквивалентах

сопротивлений нагрузок 10 Ом; 360, 6,2 кОм; 100, 80, 40 Ом.

Далее настраивают канал вертикального отклонения луча. На него подают все напряжения и проверяют высокоомным вольтметром напряжения на электродах транзисторов и операционных усилителей. Если напряжения отличаются от указанных на схеме, то сначала вольтметр подключают к выходу *A4* (вывод 5). Потенциометр *R131* ставят в положение, соответствующее минимальной чувствительности (влево до отказа). Потенциометром *R142* устанавливают на выходе *A4* напряжение 0 В. Затем *R131* ставят в положение максимальной чувствительности и потенциометром *R133* снова добиваются 0 В на выходе *A4*. Нажимают кнопку *S5.1* («20»), а вольтметр подключают к выходу второго операционного усилителя *A3* (вывод 5). Потенциометром *R115* устанавливают на выходе *A3* напряжение 0 В.

Затем вольтметр подключают к коллекторам транзисторов *V55*, *V58* и с помощью потенциометра *R145* получают напряжение 125 В. Если же это не удастся (коллекторное напряжение меньше или больше 125 В), то настройку осуществляют потенциометром *R147* (напряжение 125 В не должно меняться при включении кнопок *S5*).

Далее проверяют правильность настройки масштабного усилителя. Для этого между корпусом и коллектором транзисторов *V55* или *V58* подключают осциллограф (ламповый вольтметр с детекторной головкой), а на вход усилителя подают синусоидальный сигнал частотой 1000 Гц и амплитудой 300 В. Нажимают кнопку *S4.2* («1000») и по осциллографу (вольтметру) определяют амплитуду синусоидального напряжения на выходе канала, она должна быть не менее 100 В). Потенциометр *R131* при этом установлен на максимальное усиление, а переключатель *S5* — в положение «1». Затем на вход канала подают напряжение 30 В и переключатель *S4* ставят в положение «100». Синусоидальное напряжение на выходе усилителя должно быть также 100 В. Если оно изменилось, то необходимо подобрать сопротивление резисторов *R119*, *R120* (сумма сопротивлений резисторов должна оставаться постоянной). Аналогично проверяются делители сигнала на «10» и «1» и делители «Усиление мВ/дел» для чувствительности «20», «10», «5», «2», «1» с подбором соответствующих резисторов.

Вслед за этим исследуют полосу пропускания усилителя канала вертикального отклонения луча с помощью свип-генератора типа Х1-19. Детекторную головку прибора подключают на выход усилителя и параллельно ей — конденсатор емкостью 10 пФ. Высокочастотный сигнал со свип-генератора подают на вход усилителя. Диапазон частот, устанавливаемый на приборе, 0—50 МГц, переключатель *S4* должен быть в положении «100», а переключатель *S5* — в положении «1». Ручку регулировки выходного сигнала свип-генератора ставят в положение «0 дБ». Ручками «Частота», «Девияция», «Усиление» изменяют масштаб частотной характеристики, добиваясь ее размеров на весь экран. Включают калибрационные метки и проверяют полосу пропускания, которая должна быть около 10 МГц (при более высокой чувствительности полоса пропускания уменьшается).

Перед настройкой канала горизонтального отклонения луча на плату с блока питания подают необходимые напряжения и проверяют высокоомным вольтметром напряжения на электродах транзисторов, микросхем и операционного усилителя. Если напряжения отличаются от режимных, то сначала вольтметр подключают к выходу операционного усилителя *A2* и потенциометром *R72* устанавливают напряжение на выходе *A2* равным 10 В. Затем вольтметр подключают к коллекторам транзисторов *V30* и *V35*, потенциометром *R96* и подбором резистора *R105* добиваются выходного напряжения оконечного усилителя, равного 125 В. Переключатель *S1* «Синхронизация» ставят в положение «От сети», а осциллограф подключают на выход усилителя *A2*. Потенциометром *R70* получают на экране осциллографа прямоугольные импульсы частотой 50 Гц и амплитудой 10 В. Затем осциллограф подключают на выход микросхемы *D4* (вывод 1) — должны наблюдаться короткие отрицательные импульсы частотой 50 Гц и амплитудой 5 В; далее осциллограф подключают к коллекторам *V30* или *V35* и потенциометрами *R83*, *R90* добиваются устойчивой работы генератора развертки (на экране осциллографа будет наблюдаться пилообразное напряжение частотой 50 Гц). Амплитуду пилообразного напряжения (около 100 В) устанавливают потенциометром *R85*. Не отключая осциллограф, проверяют канал горизонтального отклонения луча при работе от внешней синхронизации. Переключатель *S1* «Синхронизация» ставят

в положение «Внеш» и на вход «Х» с генератора Г5-26 подают положительный (отрицательный) импульсный сигнал амплитудой от 0,5 до 30 В. Потенциометрами  $R70$ ,  $R72$  и переключателем  $S1.4$  полярности синхросигнала получают на экране осциллографа напряжение пилообразной формы, частота которого определяется частотой внешних синхронизирующих импульсов.

После этого подают питание на осциллографическую трубку и ручками «Яркость», «Фокус» и потенциометром  $R101$  («Астигматизм») добиваются оптимальной яркости и фокусировки электронного луча.

Далее проверяют работу осциллографа при внутренней синхронизации. Для этого на вход «Y» с генератора Г5-26 подают импульсный сигнал достаточной амплитуды не менее 1 мВ. Потенциометрами  $R70$ ,  $R72$  и переключателем  $S1.4$  добиваются устойчивого изображения импульсного сигнала на экране осциллографа.

Настройку свип-генератора начинают с установки номинальной частоты автогенераторов на транзисторах  $V5$ ,  $V6$ . Один конец резистора  $R7$  временно отключают, а средний вывод резистора  $R2$  заземляют перемычкой. Прибор Х1-19 включают сам на себя (центральная жила высокочастотного кабеля должна быть соединена с детекторной головкой, а экранная оболочка кабеля — с заземленным концом детекторной головки) и через конденсатор емкости 3000 пФ подключают к коллектору транзистора смесителя. На Х1-19 устанавливают диапазон частот 220—310 МГц, а входной аттенюатор — в положение «Ослабление 40 дБ». На экране Х1-19 должна наблюдаться метка биений между напряжениями автогенератора и свип-генератора. Раздвигая или сжимая витки катушки  $L1$ , устанавливают метку биений на частоту 250 МГц.

Аналогично проверяют крайние частоты автогенератора на транзисторе  $V6$  (регулировкой потенциометра  $R35$  «Частота»), которые должны быть 220 и 500 МГц (диапазон частот Х1-19 310—400 и 400—1000 МГц). Если верхняя частота ниже 500 МГц, то уменьшают длину (индуктивность) катушки  $L2$ .

Затем подключают резистор  $R7$  и снимают перемычку. На экране Х1-19 должны наблюдаться две метки биений симметрично относительно средней частоты 250 МГц. Изменяя потенциометром  $R2$  напряжение на варикапе  $V4$  и подбирая емкость конденсатора  $C20$ , добиваются измене-

ния частоты этого автогенератора на 20 МГц.

Далее настраивают смеситель с фильтром. Детекторную головку Х1-19 подключают параллельно резистору  $R37$ , а высокочастотный шланг через конденсатор емкостью 1000 пФ к базе транзистора смесителя  $V8$ . Колебания автогенератора срывают путем закорачивания катушек  $L1$  и  $L2$ . На экране свип-генератора должна наблюдаться частотная характеристика фильтра. Сжимая и раздвигая витки катушек  $L3$  —  $L9$ , получают на экране ровную частотную характеристику с частотой среза около 250 МГц (частоты настроек последовательных контуров  $L4C33$ ,  $L6C35$ ,  $L8C36$  соответственно 260, 280 и 300 МГц).

Затем детекторную головку подключают параллельно резистору  $R60$ . Подбором конденсаторов  $C38$ ,  $C41$ ,  $C44$  и резистора  $R52$  добиваются равномерной частотной характеристики во всем диапазоне частот 0,15—230 МГц.

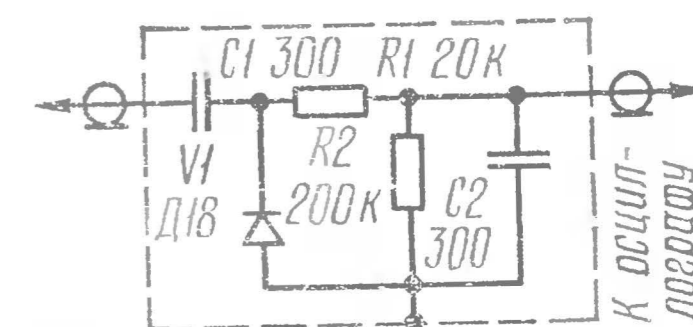


Рис. 3. Принципиальная схема детекторной головки

Таблица 2

Возможные замены элементов принципиальной схемы прибора

Тип элемента	Возможная замена
КТ203А	КТ208, КТ326, КТ361
КТ312А	КТ315, КТ316, КТ325
ГТ313Б	ГТ313В
ГТ328А	ГТ328В, ГТ346
КТ604А	КТ604Б, КТ611А, КТ940А
П701А	КТ801, КТ807, КТ815
П214А	П215, П216, П217
КП303Д	КП305А
КП103Л	КП302А
К1ТК525	К155ТМ2
К155ЛА3	К131ЛА3
К155ИЕ6	К155ИЕ2
К140УД1Б	К140УД5Б, К140УД6Б
КВ121	Д902, КВ109
Д237	Д226
КД509А	КД521, КД513
МД218	МД217, КЦ106

Подбором резистора  $R_6$  компенсируют паразитную амплитудную модуляцию автогенератора на транзисторе.

Настройка кварцевого калибратора. Осциллографом проверяется наличие импульсов 10 или 1 МГц на эмиттере транзистора  $V_3$  и на выходе усилителя  $A_1$ . Если амплитуда меток недостаточна, то изменяют коэффициент усиления  $A_1$  подбором резисторов  $R_{16}$  и  $R_{20}$ .

Для совместной проверки свип-генератора с осциллографом прибор включают «на себя» и контролируют на выходе «X1» его амплитудно-частотную характеристику во всем диапазоне частот от 0,15 до 250 МГц.

Высокочастотный соединительный кабель сопротивлением 75 Ом и детекторную головку со штепселями ВЧ разъемов следует изготовить самостоятельно по схеме, изображенной на рис. 3.

Вместо диодного моста КЦ401А можно применить мост из диодов Д237А, Д226.

Трансформатор ТАН-6 заменяется самодельным, который намотан на одной половине магнитопровода ШЛ20×25. Обмотка 1—6 содержит 2700 витков ПЭВ-2 0,23; обмотка 7—12 — 4440 витков ПЭВ-2 0,07; обмотка 13—14 — 1380 витков ПЭВ-2 0,13; обмотки 15—16, 17—18 — 160 витков ПЭВ-2 0,27; обмотки 19—21, 22—24 — 78 витков ПЭВ-20,47.

## РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

### КВАРЦЕВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

А. Дьяков

В высокостабильных автогенераторах в качестве контуров или их элементов применяются электромеханические резонаторы, обладающие высокой добротностью и достаточной температурной стабильностью. Наибольшее применение находят кварцевые резонаторы — пластины, выпиленные из кристалла кварца. В этих пластинах реализуется так называемый пьезоэлектрический эффект — механическая энергия преобразуется в электрическую и наоборот. Переменное напряжение, приложенное к граням кварцевого резонатора, вызывает его колебания. Резонансная частота механических колебаний определяется размерами пластины и на этой частоте преобразование механической энергии в электрическую чрезвычайно эффективно. В самом резонаторе рассеивается очень малая часть энергии. Поэтому резонанс получается весьма острым. Кварцевые резонаторы имеют эквивалентную добротность  $Q$  от 10 000 до 1 000 000.

Эквивалентная схема кварцевого резонатора изображена на рис. 1. У этого контура, если пренебречь сопротивлением потерь  $R_k$ , будут две резонансные частоты — частота последовательного резонанса  $f_s$  и частота параллельного резонанса  $f_p$ , определяемые по формулам:

$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_k C_k}}; \quad f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_k + C_o}{L_k C_k C_o}},$$

где  $L_k$ ,  $C_k$ ,  $C_o$  — элементы эквивалентного контура.

Кривая зависимости реактивного сопротивления без учета потерь показана на рис. 1, б пунктирной линией. В первом случае ( $f_s$ ) реактивное сопротивление  $X$  равно нулю, во втором ( $f_p$ ) — бесконечности. Реально есть потери, и контур обладает комплексным сопротивлением  $Z = R + jX$ . На том же рис. 1 показаны зависимости реактивного сопротивления, активного сопротивления и модуля

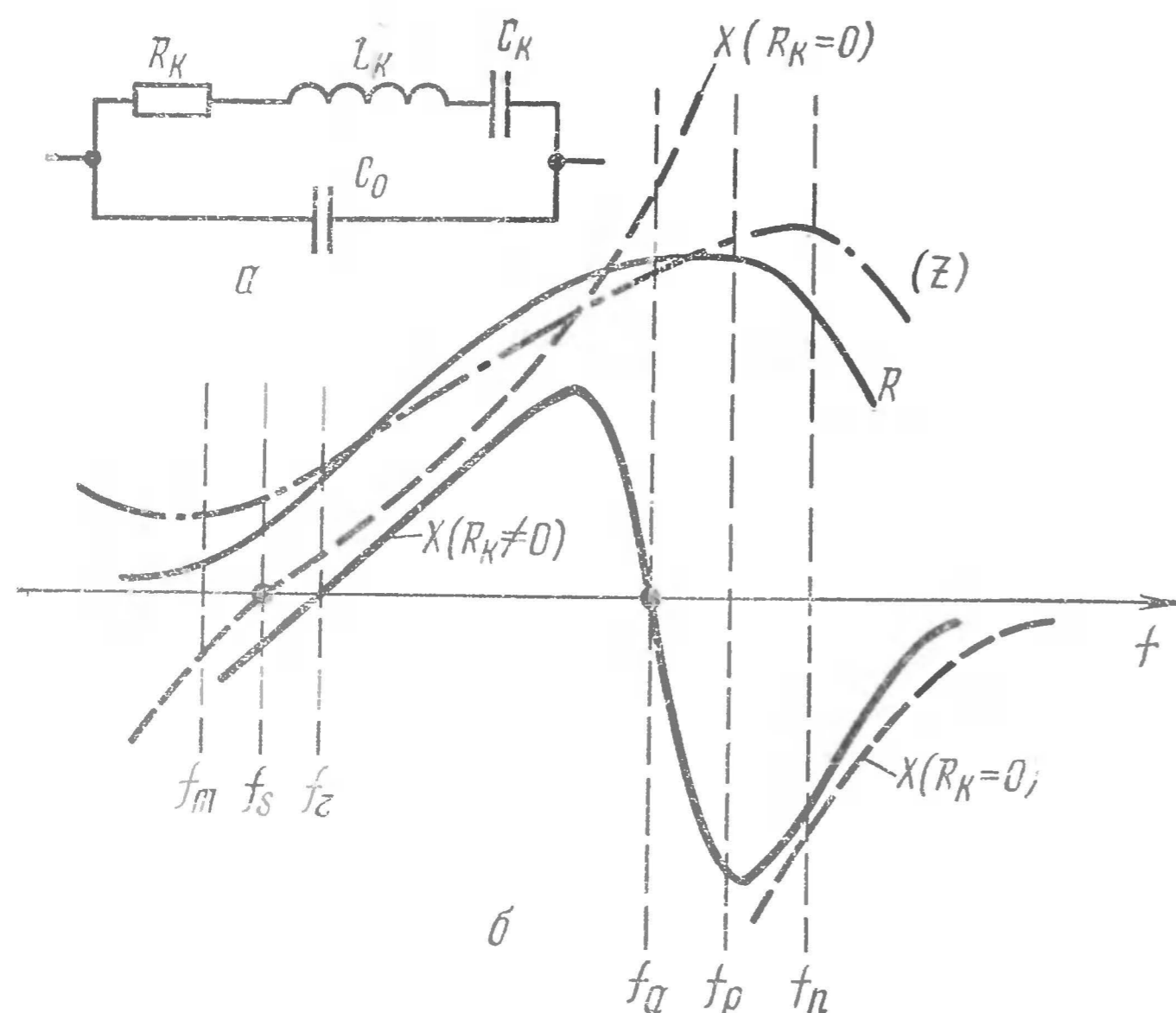


Рис. 1. Эквивалентная схема кварца (а) и зависимости сопротивлений от частоты (б)

комплексного сопротивления ( $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$ ) от частоты. Разность частот  $f_p - f_s = \Delta f$  именуется шириной резонансного интервала.

О параметрах кварца на механических гармониках известно, что эквивалентная индуктивность на  $n$ -й гармонике практически не меняется, а эквивалентная емкость меньше в  $n^2$  раз. Резонансный интервал уменьшается в  $n$  раз. Следует отметить, что добротность резонатора наиболее высокая на той гармонике, на которой он должен работать по паспорту, и, соответственно, на частоте, указанной на его корпусе.

Еще одно общее положение. Кварцы характеризуются допустимой мощностью рассеивания, превышение которой может вывести их из строя. Обычно на кварцах рассеивается менее 10% мощности, подводимой к генератору, что для разных типов резонаторов должно составлять 2—4 мВт.

Теперь непосредственно о кварцевых генераторах. Они подразделяются на генераторы параллельного резонанса (осцилляторные схемы) и генераторы последовательного

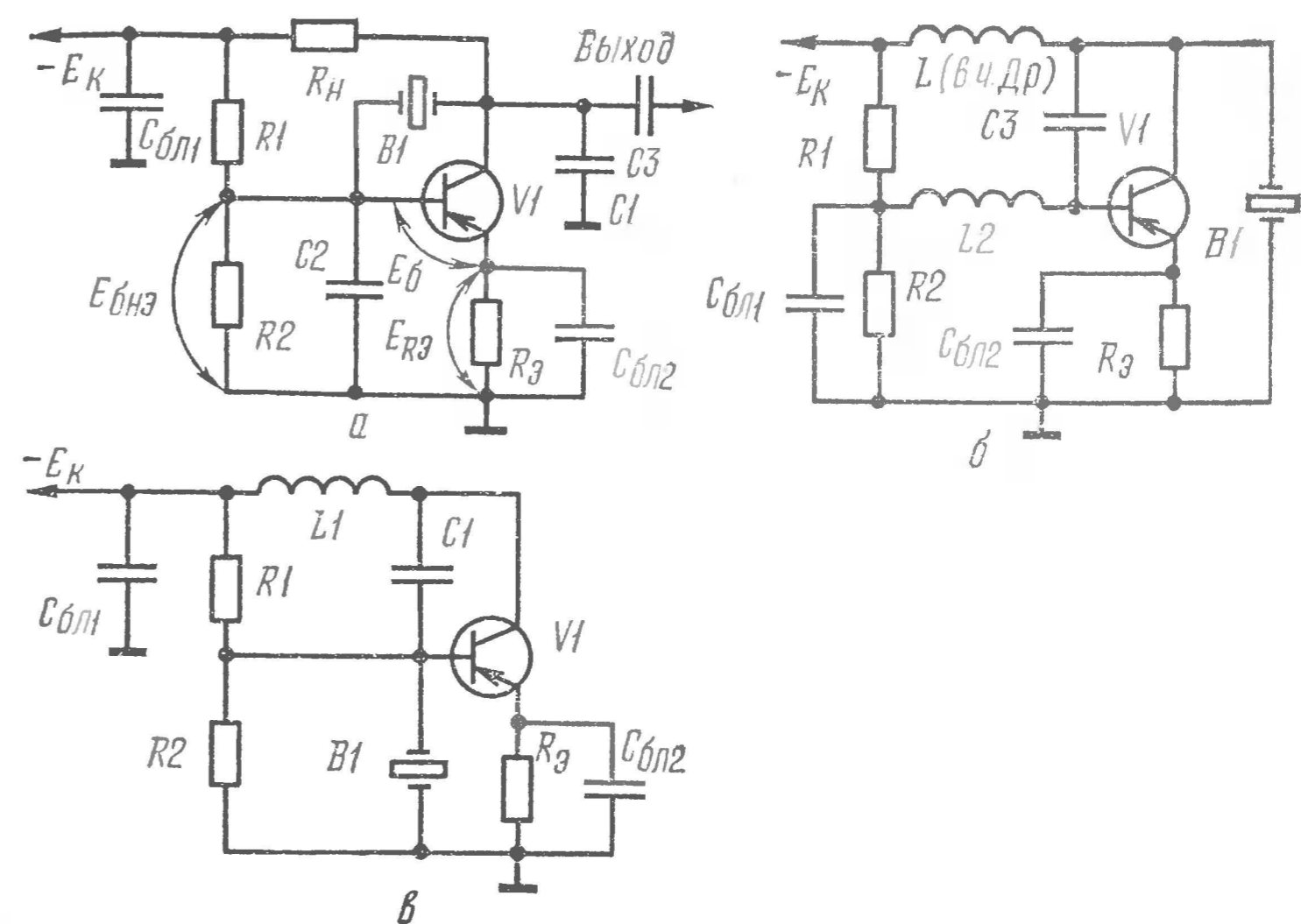


Рис. 2. Варианты принципиальных схем кварцевых генераторов параллельного резонанса

резонанса (фильтровые схемы). В них используются кварцы, возбуждаемые как на основной частоте, так и на нечетных механических гармониках. В осцилляторных схемах кварц возбуждается на частоте внутри резонансного интервала, но вблизи параллельного резонанса его реактивное сопротивление имеет индуктивный характер. В генераторе последовательного резонанса возбуждение происходит на частоте вблизи последовательного резонанса, реактивное сопротивление кварца при этом равно нулю, а его активное сопротивление очень мало.

На рис. 2 показаны варианты схем генераторов параллельного резонанса, в которых возбуждение кварца производится на основной частоте. В радиолюбительских конструкциях наиболее распространены генераторы по схеме емкостной трехточки, когда кварц включен между коллектором и базой транзистора (рис. 2, а). Они просты по конструкции и настройке и обеспечивают хорошую стабильность частоты. На рис. 3 приведена практическая схема осцилляторного кварцевого генератора с емкостной трехточкой на частоту 14,1 МГц и показана его связь с удвоителем частоты.

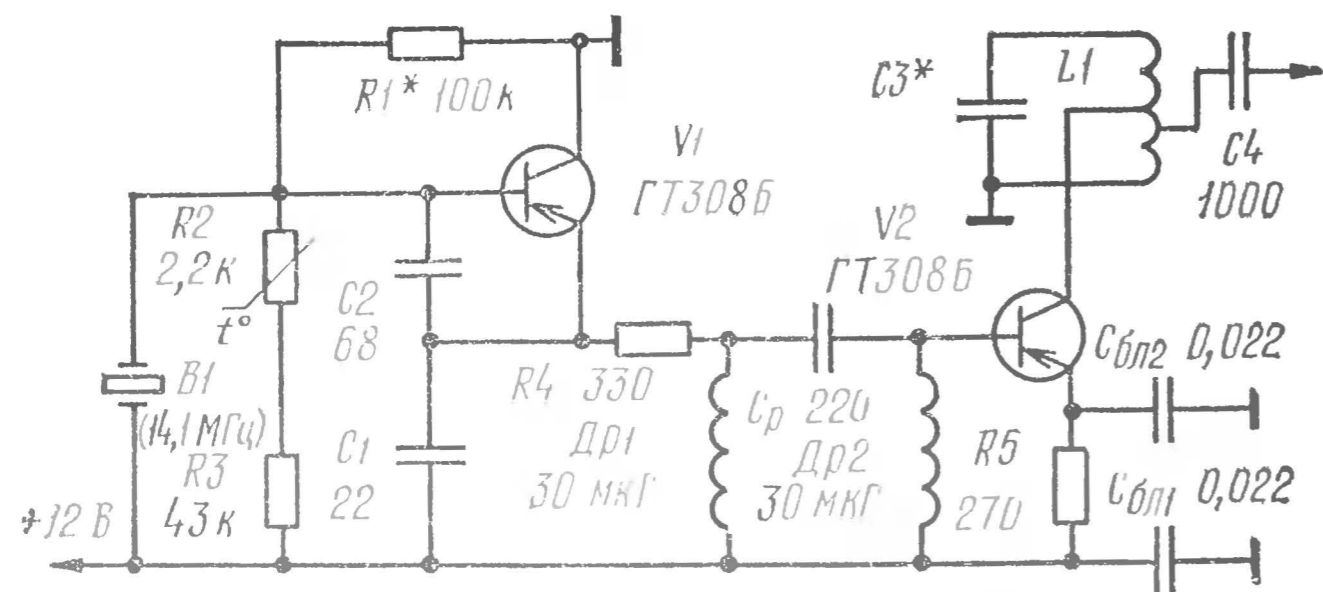


Рис. 3. Осцилляторная схема кварцевого генератора с емкостной трехточкой

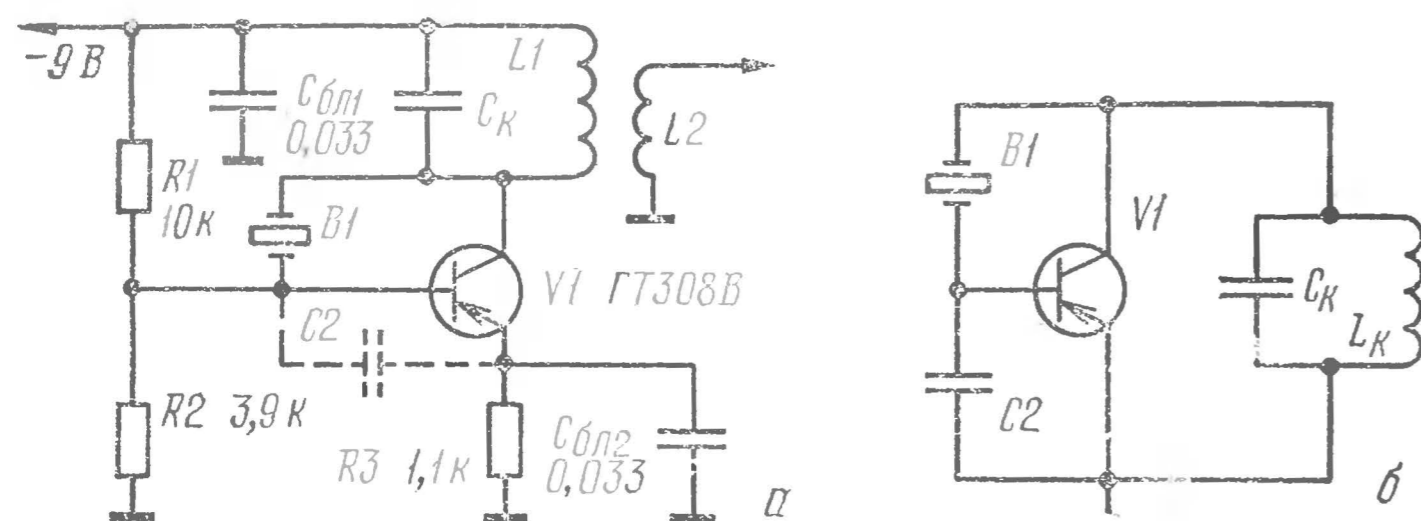


Рис. 4. Принципиальная схема кварцевого генератора (емкостная трехточка) на механической гармонике кварца (а) и ее эквивалентная схема (б)

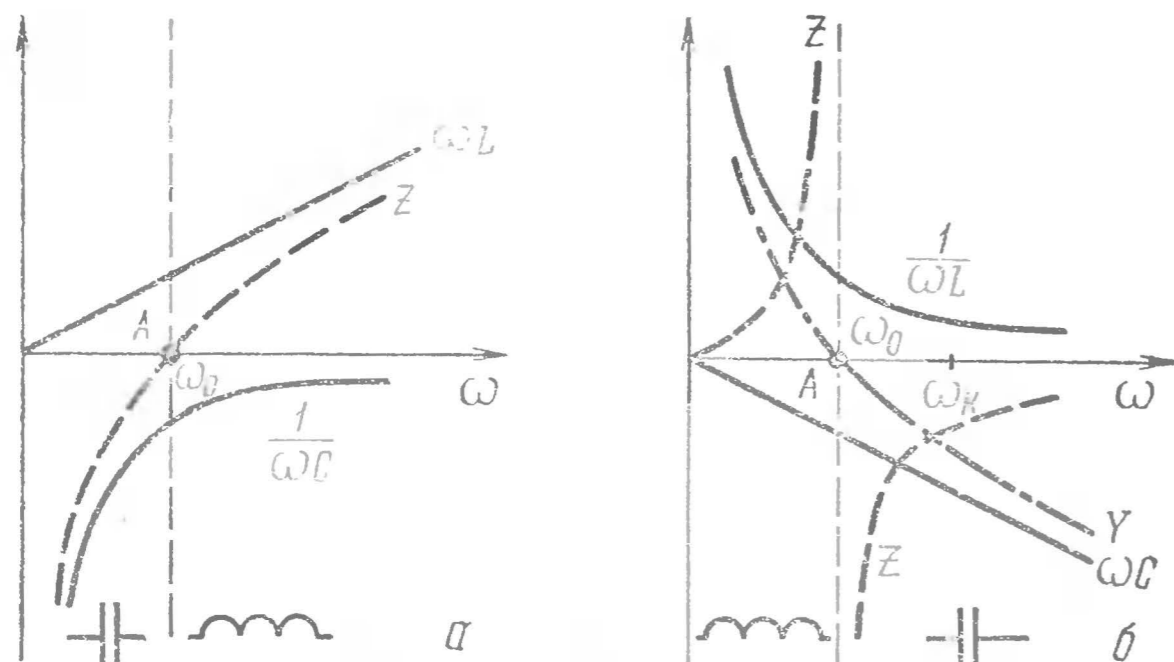


Рис. 5. Диаграммы реактивных сопротивлений последовательного (а) и параллельного (б) контуров

На рис. 4 приведена схема возбуждения кварца на механических гармониках. Для этого один из конденсаторов схемы емкостной трехточки заменен параллельным контуром, который настраивается в резонанс на частоту ниже частоты генерации. В результате контур будет иметь емкостную проводимость на частоте нужной гармоники, а на низших гармониках и на основной частоте — индуктивную проводимость, что исключает возможность генерации на низших гармониках и основной частоте. Сказанное положение поясняет рис. 5, где приведены диаграммы реактивных сопротивлений последовательного и параллельного контуров. На рис. 5 приняты обозначения:  $\omega L$  — сопротивление индуктивной части последовательного контура;  $\frac{1}{\omega C}$  — сопротивление емкостной части последовательного контура;  $Z$  — общее сопротивление последовательного контура;  $\frac{1}{\omega L}$  — проводимость индуктивной ветви параллельного контура;  $\omega C$  — проводимость емкостной ветви параллельного контура;  $Y$  — суммарная проводимость параллельного контура.

В осцилляторных генераторах обычно возбуждаются третья и пятая гармоники, так как на более высоких гармониках (свыше 30—50 МГц) сказывается вредное влияние статической емкости и емкостей монтажа.

Для расчета схемы генератора, приведенной на рис. 3, существуют простые формулы определения емкостей конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  (в пФ), модуля коэффициента обратной связи  $|K|$  и высокочастотного напряжения на коллекторе (в В):

$$C_1 = \frac{159 \cdot 10^3}{f_k} \sqrt{\frac{K_0}{R_y R_k}}, C_2 = \frac{C_1}{K_0};$$

$$|K| = \frac{K_0}{\sqrt{1 + \frac{X_2^2}{R_y^2}}}, U_{\text{колл}} = \frac{U_{\text{связи}}}{|K|}.$$

В этих формулах  $R_y$  — из расчета недонапряженного режима автогенератора;  $X_2$  — емкостное сопротивление

конденсатора  $C_2$ ;  $K_0$  — коэффициент, определяющий отношение емкостей  $\frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{K_0}$ ;  $f_k$  — частота колебаний, МГц;  $R_k$  — эквивалентное активное сопротивление кварца. В генераторах на транзисторах П403, ГТ308 и аналогичных значение  $K_0$  берется равным 1—1,5, а на транзисторах П411, ГТ311 — 0,7—0,8.

При питании цепей коллектора и базы от общего источника  $E_k$  (см. рис. 2, а) справедливо соотношение

$$E_{\text{бнз}} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Эквивалентное сопротивление в цепи базы  $R_{\text{бз}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  должно равняться 5—10 кОм. Сопротивления резисторов делителя определяют по формулам

$$R_1 = \frac{R_{\text{бз}}}{A}; \quad R_2 = \frac{R_{\text{бз}}}{1 - A},$$

где

$$A = \frac{E_{\text{бнз}}}{E}.$$

Для определения значения  $A$  нужно в собранном генераторе, пока без кварца, с помощью временного делителя с потенциометром установить силу коллекторного тока в пределах 2—3 мА. После этого следует измерить напряжение  $E_{\text{бнз}}$ , а затем рассчитать значения  $R_1$  и  $R_2$ . Сопротивление резистора  $R_3$  определяет температурную стабильность генератора. Существуют рекомендации по выбору  $R_3$ . Для транзисторов ГТ308, а также для близких к ним по параметрам  $R_3$  берется равным 300 Ом, а для транзисторов ГТ311 и им аналогичных —  $R_3 = 390$  Ом. Сопротивление нагрузочного резистора  $R_n$  определяется по формулам

$$R_n = \frac{10}{\omega_k C_1}; \quad C_1' = C_1 + C_{\text{монт}} + C_{\text{вых}},$$

где  $C_1$  — емкость внешнего конденсатора;  $C_{\text{монт}}$  — емкость монтажа (3—5 пФ);  $C_{\text{вх}}$  и  $C_{\text{вых}}$  — входная и выход-

ная емкости транзистора на частоте генерации  $f_k$ . По аналогии

$$C_2' = C_2 + C_{\text{монт}} + C_{\text{вх}}.$$

Емкость конденсатора  $C_3$  определяется из соотношения

$$C_3 = (0,01 - 0,1) C_1.$$

Расчет блокировочных конденсаторов (в пФ) производится по формулам

$$C_{\text{бл.1}} \geq \frac{1,59 \cdot 10^6}{R_{\text{н}} f_k}; \quad C_{\text{бл.2}} \geq \frac{1,59 \cdot 10^6}{R_3 f_k},$$

где  $R_3$  — сопротивление в Ом;  $f_k$  — частота в МГц.

Перейдем к варианту генератора с емкостной трехточкой и кварцем, работающим на нечетной механической гармонике (см. рис. 4). Там роль конденсатора  $C1$  контура автогенератора играет параллельный контур  $C_k L_k$ . Как уже отмечалось, на частоте генерации  $f_k$  контур  $C_k L_k$  (см. рис. 4, б) должен иметь емкостное сопротивление, т. е. его резонансная частота  $f_0$  должна быть ниже частоты генерации  $f_k$ . Параметры контура следует выбирать такими, чтобы его собственная частота равнялась  $f_0 = (0,7 - 0,8) f_k$ .

Обратимся к рис. 5, б. На частоте  $\omega_k$  имеется результирующая емкостная проводимость  $B = \omega_k C_{\text{экв}} = \omega_k C_k - \frac{1}{\omega_k L_k}$ . Обычно величина индуктивности  $L_k$  обусловлена конструктивными соображениями. Величину  $C_{\text{экв}}$  берут равной емкости конденсатора  $C1$ , определяемой по методам, изложенным ранее. После этого получим:

$$C_k' = \frac{\omega_k C_1 + \frac{1}{\omega_k L_k}}{\omega_k}; \quad C_k' = C_k + C_{\text{вых}} + C_{\text{монт}} + C_{\text{внос}}.$$

Обобщенную емкость контура  $C_k$  (в пФ) можно определить, задавшись индуктивностью  $L_k$  (в мкГ), по формуле

$$C_k' = \frac{25\,300}{f_0^2 L_k}.$$

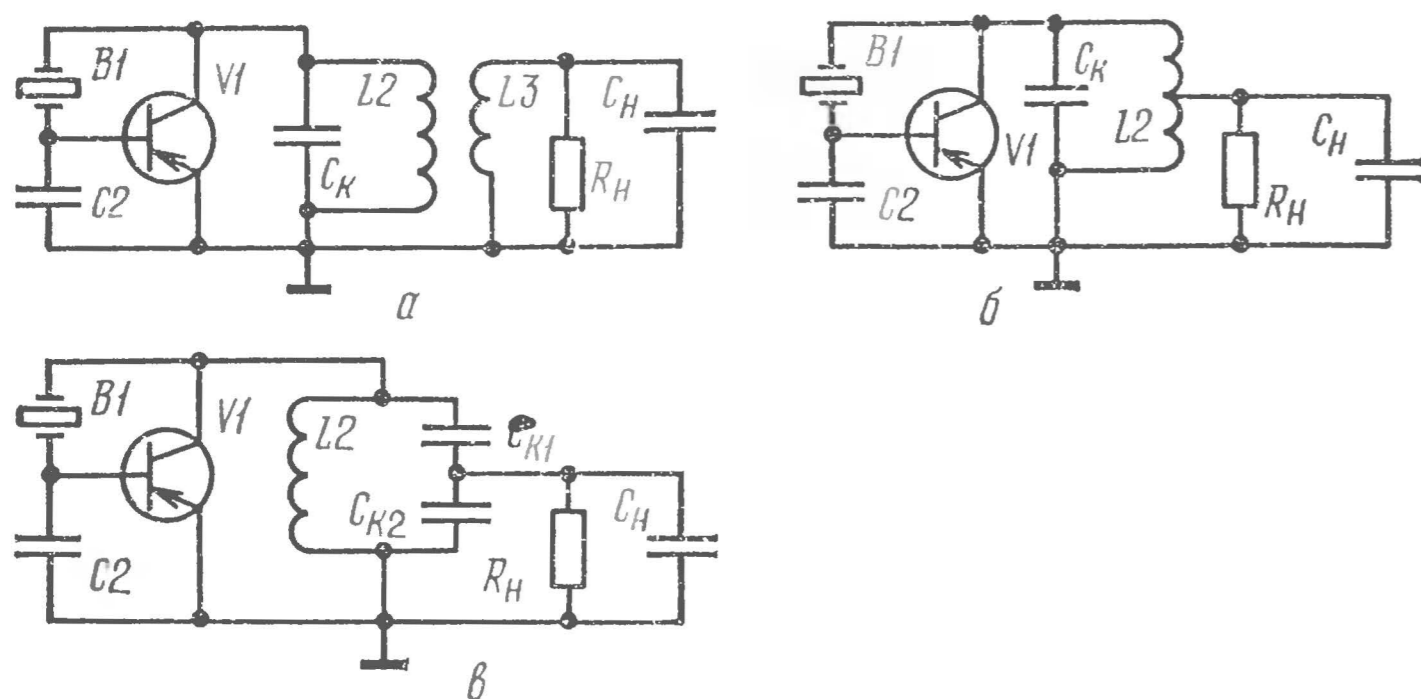


Рис. 6. Схемы подключения внешней нагрузки к кварцевому генератору:

а — индуктивная; б — автотрансформаторная; в — емкостная

Конкретная емкость конденсатора  $C_k$ , подпаиваемого к катушке  $L_k$ , будет равна

$$C_k = C'_k - C_{\text{вых}} - C_{\text{монт}} - C_{\text{внос}}.$$

При определении  $C_{\text{внос}}$  исходят от характера подключения буферного каскада к автогенератору. Возможны три варианта подключений внешней нагрузки (рис. 6) — индуктивная, автотрансформаторная и внешнеемкостная.

Связь с нагрузкой выбирается из условия оптимального согласования:

$$K_{\text{вкл}} = \sqrt{\frac{R_H}{R_{\text{ое}}}},$$

где  $K_{\text{вкл}}$  — коэффициент включения (коэффициент трансформации);

$R_H$  — сопротивление нагрузки;

$R_{\text{ое}}$  — эквивалентное сопротивление контура,

$$R_{\text{ое}} = 10^6 \frac{L}{CR},$$

здесь  $R$  — активное сопротивление контура.

Известно, что при индуктивной связи с нагрузкой максимальное выходное напряжение будет при отношении  $\frac{L_3}{L_2} = 0,15—0,2$ . Катушку  $L_3$  следует располагать между витками катушки  $L_2$ . При автотрансформаторной и внеш-

неемкостной связи с нагрузкой коэффициент включения берется равным 0,1—0,3.

Вносимая в контур емкость со стороны нагрузки:

$$C_{\text{внос}} = K_{\text{вкл}}^2 C_H.$$

Если подключение нагрузки индуктивное, то для определения параметров контура используется формула

$$K_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{L_3}{L_2}} \times \frac{K_{\text{св}}}{1 + K_{\text{св}}^2},$$

где  $K_{\text{тр}}$  — коэффициент трансформации;

$L_3$  — индуктивность связи с нагрузкой;

$L_2$  — индуктивность контура, например, для частоты в пределах 20—30 МГц выбирают 0,6 мкГ;

$K_{\text{св}}$  — коэффициент связи между индуктивностями, определяется по формуле

$$K_{\text{св}} = \frac{M}{\sqrt{L_2 L_3}},$$

здесь  $M$  — взаимная индуктивность

$$M = \frac{L_{\text{согл}} - L_{\text{встр}}}{4},$$

где  $L_{\text{согл}}$  — суммарная индуктивность при согласном последовательном включении индуктивностей;

$L_{\text{встр}}$  — суммарная индуктивность при встречном последовательном включении индуктивностей.

Необходимую расстройку контура для обеспечения устойчивой генерации можно определить и опытным путем, задавшись индуктивностью катушки  $L_2$  и коэффициентом связи с нагрузкой. Используя генератор в режиме усилителя на частоте генерации, изменяя  $C_{\text{конт}}$ , снимаем зависимость выходного напряжения от величины емкости  $C_{\text{конт}}$ . Определив максимум напряжения на контуре, меняем  $C_{\text{конт}}$  в сторону увеличения до тех пор, пока выходное напряжение уменьшится на 30% от максимального. Необходимо, чтобы добротность катушки  $L_2$  была не хуже 50.

Кварцевые генераторы, собираемые по осцилляторным схемам, имеют узкие пределы регулировки номинала рабочей частоты. Следует иметь в виду и то, что обычно кварцевые резонаторы при изготовлении регулируются в схемах последовательного резонанса. Из схем генераторов с кварцем, работающим вблизи последовательного резонанса,

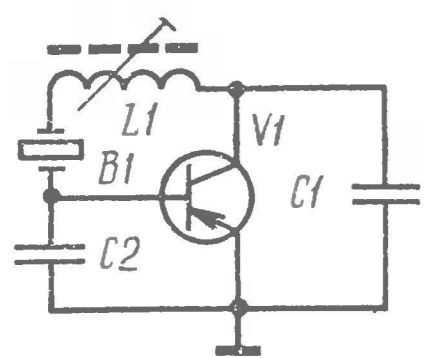


Рис. 7. Эквивалентная схема кварцевого генератора с кварцем в индуктивной ветви емкостной трехточки

представляют интерес схемы с кварцем в контуре, хотя существуют еще схемы и с кварцем в цепи обратной связи. Чем же интересна схема с кварцем в контуре? Положительным ее качеством является возможность подстройки частоты с помощью внешних элементов. Причем возможная зона подстройки частоты наибольшая по сравнению с другими схемами кварцевых генераторов.

Рассмотрим схемы генераторов с кварцем в контуре, предназначенных для генерации с частотами в пределах 5—50 МГц. На рис. 7 приведена схема генератора с емкостной трехточкой и с кварцем в индуктивной ветви контура  $L1C_r$ .

Емкость  $C_r$  контура генератора составлена из последовательно соединенных емкостей конденсаторов  $C1$  и  $C2$ :

$$C_r = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Генерация происходит на частоте, близкой к частоте последовательного резонанса кварца, у которого в этом случае общее сопротивление носит активный характер и минимально. С помощью индуктивности  $L1$  (при перекрытии по индуктивности не менее чем в два раза) удастся подстраивать частоту генерации в пределах  $\pm (20—50) \cdot 10^{-6}$  от номинального значения. Индуктивность катушки  $L1$  (в мкГ) определяется по формуле

$$L_1 = \frac{2,53 \cdot 10^3}{f_k^2 \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}},$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — емкости конденсаторов в пФ;  $f_k$  — частота в МГц.

На рис. 8 приведены схемы генераторов последовательного резонанса. Обе схемы имеют эквивалентную схему, приведенную на рис. 7, только в схеме на рис. 8, б последовательно с катушкой  $L1$  включен конденсатор  $C_y$ , образуя с ней последовательный контур, который должен быть настроен на частоту ниже частоты генерации. В результате на частоте генерации  $f_k$  контур  $L1 C_y$  будет иметь индуктивное сопротивление (см. рис. 5). Конденсатор  $C_y$  может быть

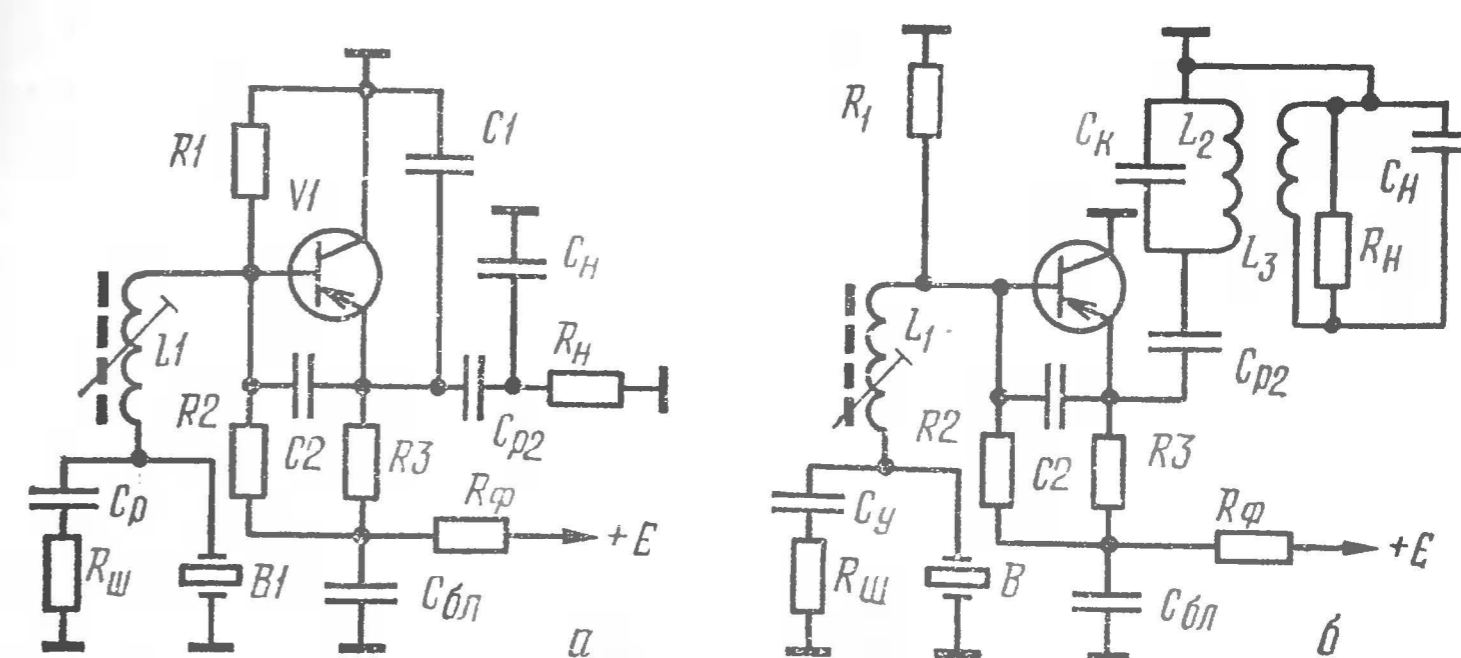


Рис. 8. Принципиальные схемы кварцевого генератора последовательного резонанса:

а — без управляющего конденсатора; б — с управляющим конденсатором

включен и в схеме на рис. 8, а вместо разделительного конденсатора  $C_p$ . Контур  $L1C_y$  включают последовательно с кварцем в тех случаях, когда требуется перестраивать частоту генератора в более широких пределах. Практически в таком случае удастся увеличить подстройку частоты в 3 раза  $[\pm (60—150) \cdot 10^{-6} \cdot f_k]$ . Для этого увеличивается значение индуктивности также в 3 раза и включается конденсатор  $C_y$  такой емкости, при которой кварц возбуждается вблизи последовательного резонанса. С помощью конденсатора  $C_y$  можно грубо установить номинальную частоту генерации, а с помощью подстройки сердечником индуктивности  $L1$  осуществить точную настройку частоты генерации. В генераторе (рис. 8, б), где кварц работает на механической гармонике, пределы перестройки частоты с помощью только одной катушки  $L1$ , включенной последовательно с кварцем, меньше чем на его основной частоте. Практически с помощью одной катушки индуктивности  $L1$  удастся перестраивать частоту генерации в пределах  $\pm 15 \cdot 10^{-6}$ . Для увеличения пределов перестройки частоты генерации индуктивность, ориентировочное значение которой предварительно рассчитывают, увеличивают в 2—3 раза и последовательно с ней включают конденсатор  $C_y$  такой емкости, при которой кварц возбуждается вблизи последовательного резонанса механической гармонике. Практически в этом случае удастся подстраивать частоту генерации в пределах  $\pm 30 \cdot 10^{-6}$ . Параллельный контур

$L2C_k$  с учетом вносимых в него емкостей выполняет роль конденсатора  $C1$  в схемах емкостной трехточки (см. рис. 4).

Сопротивление резистора  $R_{ш}$  определяется по формуле

$$R_{ш} = \frac{1,59 \cdot 10^5}{f_k C_0},$$

где  $R_{ш}$  — измерено в Ом;  $f_k$  — в МГц;  $C_0$  — в пФ.

Резистор  $R_{ш}$ , шунтирующий кварц, предназначен для предотвращения паразитных колебаний, обусловленных индуктивностью  $L1$  и статической емкостью кварца  $C_0$ . В остальном расчет генератора с кварцем в контуре не отличается от расчета обычного генератора по схеме емкостной трехточки.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ярославский М. И., Смагин А. Г. Конструирование, изготовление и применение кварцевых резонаторов.— М.: Энергия, 1971.  
 Богачев В. М. Расчет каскадов полупроводниковых передатчиков.— МЭИ имени Ленина, 1964.  
 Плоский А. Ф. и др. Транзисторные автогенераторы метровых волн, стабилизированные на механических гармониках кварца.— М.: Связь, 1969.  
 Скрипников Ю. Ф. Колебательный контур.— М.: Энергия, МРБ, вып. 739, 1970.

## СЧЕТЧИК ИМПУЛЬСОВ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

А. Евсеев

В последнее время цифровые счетчики импульсов получили широкое распространение при конструировании цифровых измерительных приборов, дисплеев, электронных часов, электронных игр и т. д.

Предлагаемое устройство представляет собой 4-разрядный счетчик импульсов по методу динамической индикации, когда один и тот же дешифратор с транзисторными ключами используется для дешифрации состояний четырех декадных счетчиков и для управления четырьмя газоразрядными лампами. Подробно о методах динамической индикации можно прочитать в [3].

Если же собирать дешифратор с использованием отдельных транзисторов, то данное устройство даст существенный

выигрыш в количестве используемых элементов. Оно удобно в том случае, когда индикаторные лампы должны находиться на удалении от самого устройства: в этом случае за счет использования динамической индикации сократится число жил в соединительном кабеле. На рис. 1, 2 показана принципиальная схема счетчика.

На микросхемах  $D1—D4$  собраны декадные счетчики, соединенные последовательно друг с другом. Микросхема  $K155IE2$  состоит из триггера со счетным входом  $C1$  и счетчика с коэффициентом пересчета 5 со входом  $C2$ . Если выход триггера соединить со входом счетчика (т. е. соединить выводы 12 и 1 микросхемы), получится последовательный двоично-десятичный счетчик, работающий в коде 1—2—4—8. Здесь цифры обозначают «вес» каждого выхода; допустим, если на выходах счетчика 1, 2, 4 и 8 имеются соответственно логические уровни 1 1 1 0, то в счетчике записано число «7» ( $1 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 4 + 0 \times 8 = 7$ ). Временная диаграмма работы такого счетчика показана на рис. 3. Триггеры счетчиков устанавливают в состояние «0», одновременно подавая положительные импульсы на входы  $R0$ . Полярность входных счетных импульсов, подаваемых на входы  $C1$  и  $C2$ , — положительная. Триггеры переключаются спадом входных импульсов. Максимальная частота импульсов, подаваемых на вход счетчика, составляет 10 МГц. Выходное сопротивление устройства, к которому может быть подключен вход 4-разрядного счетчика, должно быть не более 2 кОм. Уровень логической 1 в импульсе должен быть не менее 2,4 В, логического 0 — не более 0,4 В. Импульсы должны иметь крутые фронты. Получить такие импульсы из сигналов произвольной формы можно с помощью формирователей, описанных, например, в [2].

На микросхеме  $D10$  собран генератор тактовых импульсов, частота следования которых составляет 2—3 кГц. Эти импульсы поступают на счетчик с коэффициентом пересчета 4, собранный на двух  $D$ -триггерах микросхемы  $D11$ .  $D$ -триггер работает следующим образом: после прихода синхронизирующего импульса на вход  $C$  на выходе триггера устанавливается такой логический уровень, который был на входе  $D$  до прихода импульса. Если вход  $D$  соединить с инверсным выходом этого же триггера, то состояние триггера будет меняться на противоположное после прихода каждого очередного импульса на вход  $C$ , т. е. триггер будет работать в счетном режиме. Соединив два таких

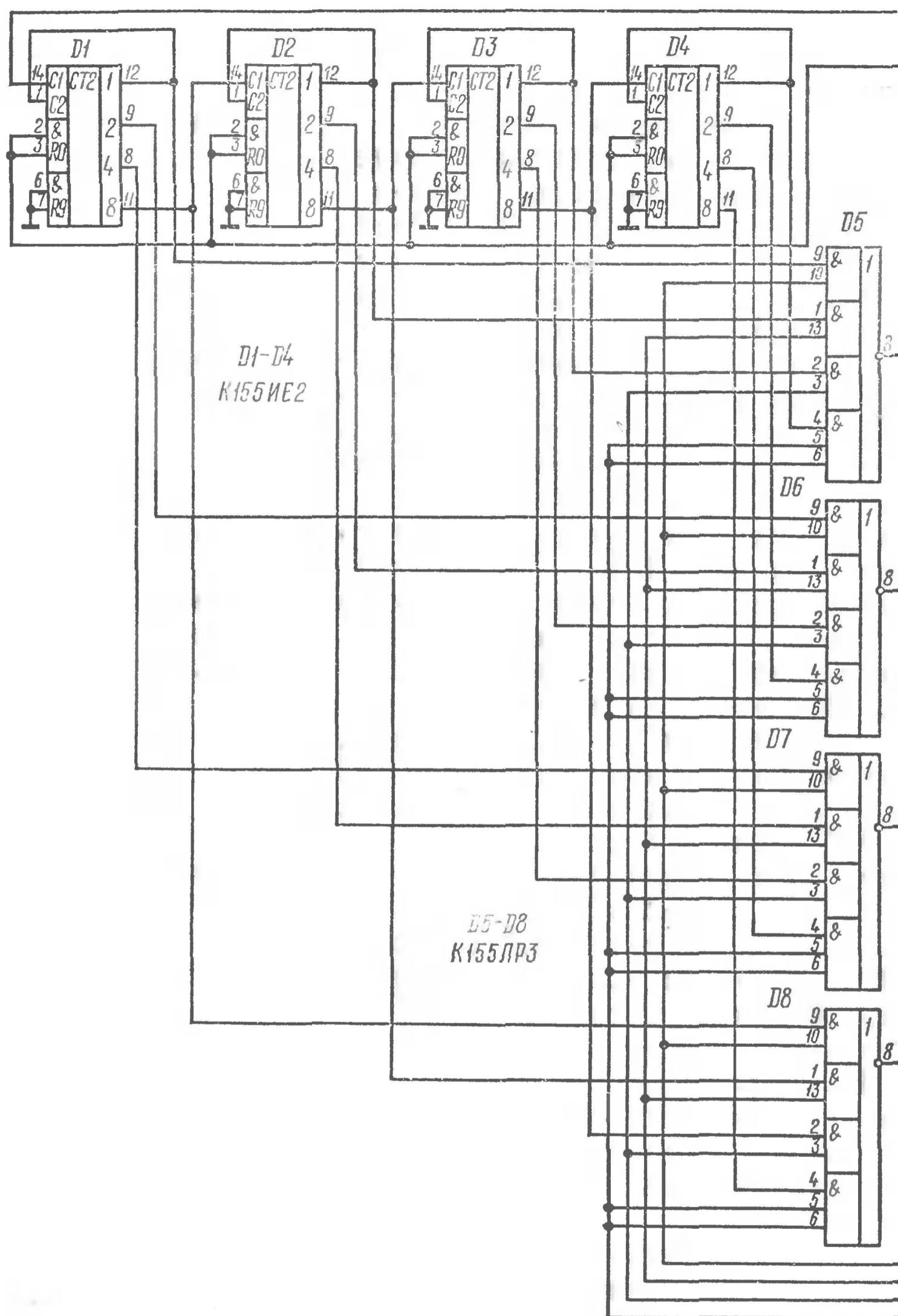
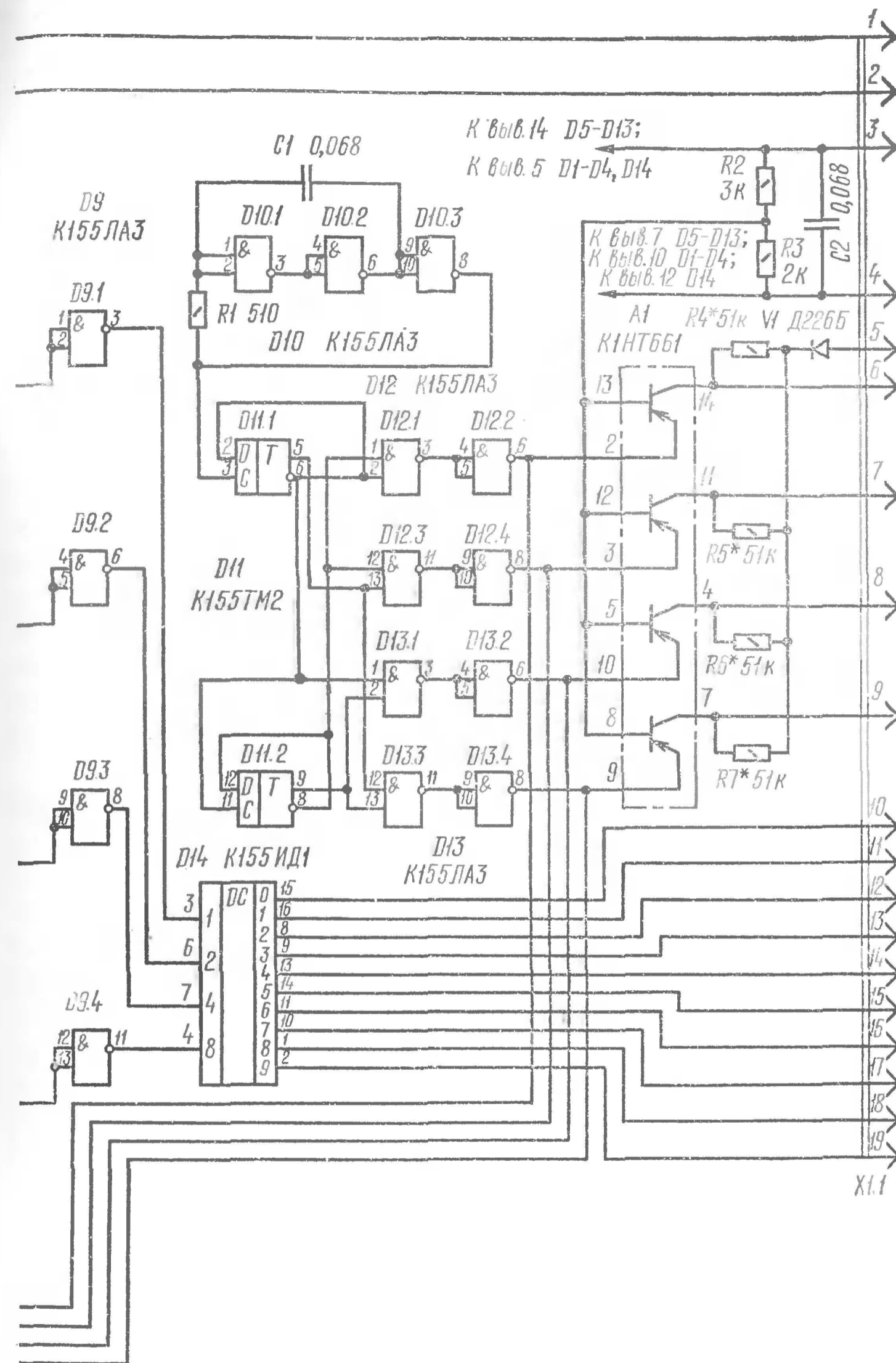


Рис. 1. Принципиальная схема счетчика



Продолжение рис. 1

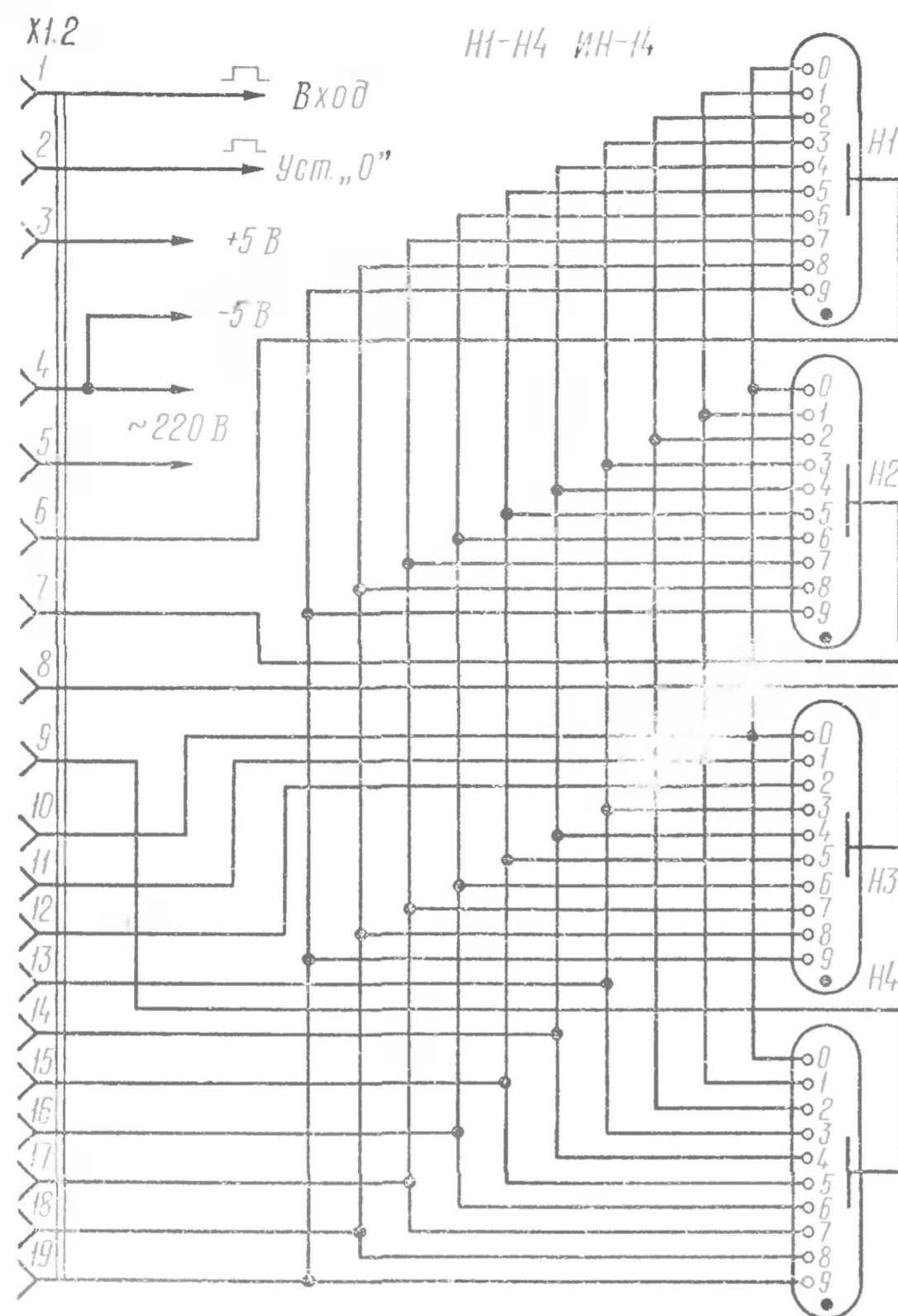


Рис. 2. Схема включения индикаторов

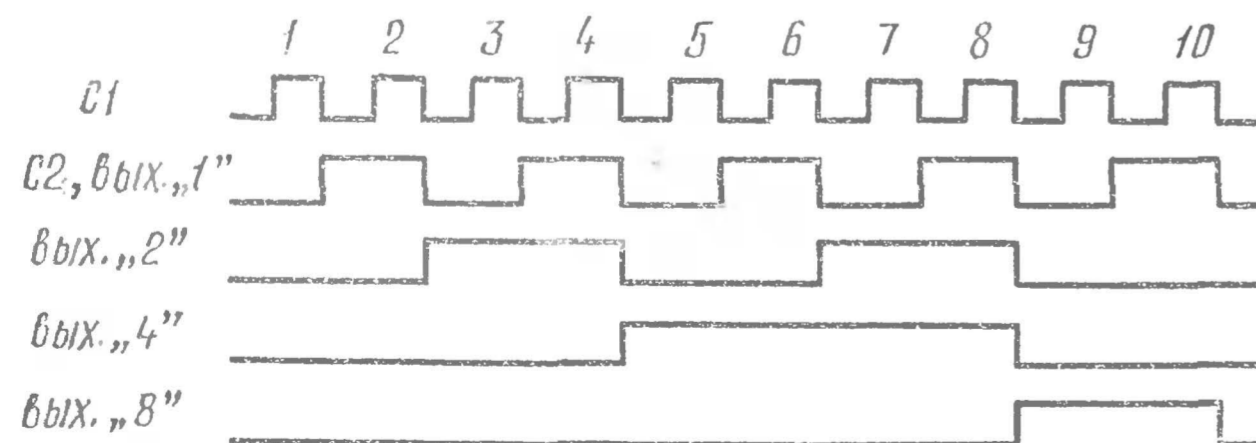


Рис. 3. Временные эпюры напряжений одного двоично-десятичного счетчика

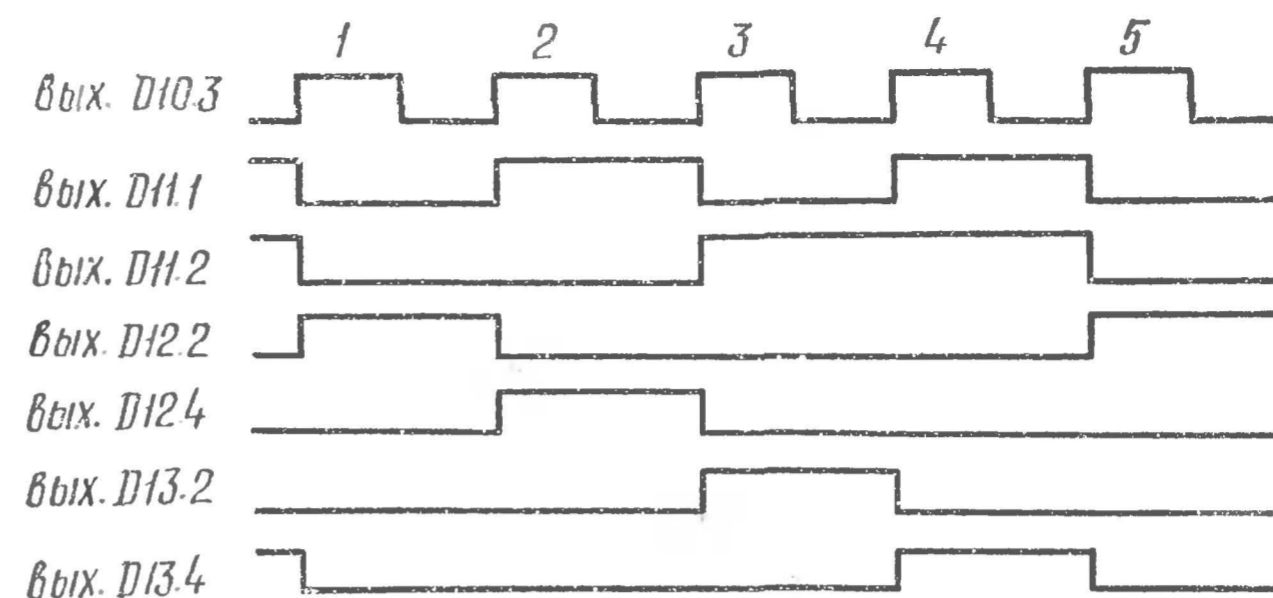


Рис. 4. Эпюры напряжений устройства

счетных триггера последовательно, получим счетчик с коэффициентом пересчета 4. Дешифратор состояний этого счетчика выполнен на микросхемах *D12*, *D13*. Во время работы генератора тактовых импульсов на выходах логических элементов *D12.2*, *D12.4*, *D13.2*, *D13.4* появляется последовательно логическая 1. Работа генератора на микросхеме *D10*, счетчика на микросхеме *D11* и дешифратора на микросхемах *D12*, *D13* поясняется рис. 4.

Микросхемы *D5—D8* представляют собой логические элементы 2—2—2—3И—4ИЛИ—НЕ. Это означает, что если логические 1 имеются на всех входах хотя бы одного из элементов И (например, на выводах 9, 10), то на выходе микросхемы будет низкий логический уровень. Подключением к выходам микросхем инверторов *D9.1—D9.4* и объединением выводов 5, 6 в каждой из микросхем *D5—D8* логическая операция 2—2—2—2И—4ИЛИ—НЕ сведена к операции 2—2—2—2И—4ИЛИ, т. е. если хотя бы на одной паре входов одного из четырех элементов И есть две логические 1, то на выходе микросхемы также будет логическая 1. Более подробно об этом можно прочитать в [5].

Выходы инверторов *D9.1—D9.4* подключены ко входам микросхемы *D14*. Она содержит дешифратор, преобразующий двоичный код в десятичный, и высоковольтные транзисторные ключи, управляющие зажиганием цифр газоразрядных индикаторов *H1—H4*.

Выход логического элемента *D12.2* соединен со входами логических элементов И (выводы 10) каждой из микросхем *D5—D8*. Ко вторым входам этих логических элементов (выводы 9) подключены выходы микросхемы *D1*. Когда на выходе *D12.2* имеется логическая 1, логические уровни на

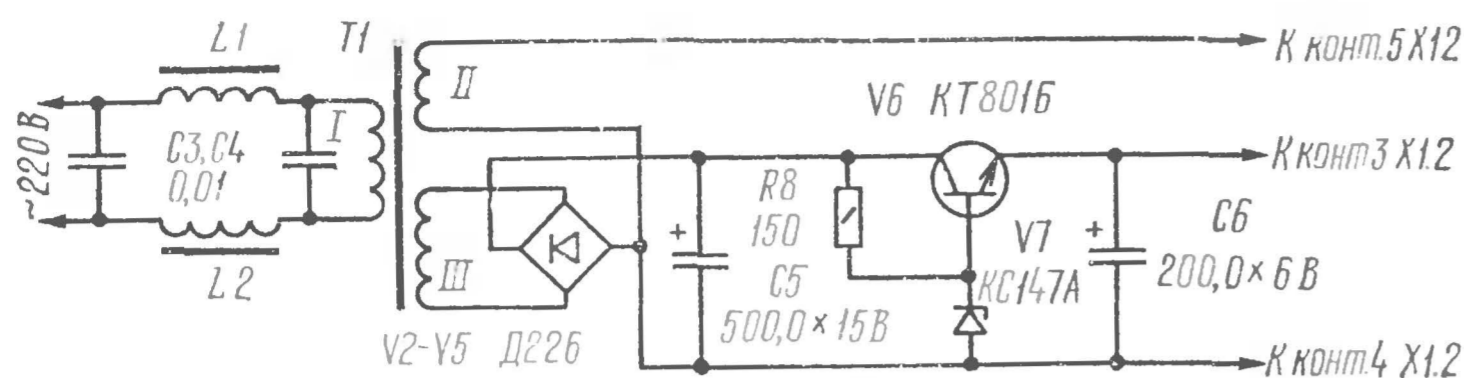


Рис. 5. Принципиальная схема блока питания

выходах элементов  $D9.1$ ,  $D9.2$ ,  $D9.3$ ,  $D9.4$  повторяют соответственно логические уровни на выходах 1, 2, 4, 8 микросхем  $D1$ , т. е. происходит считывание информации, записанной в счетчике  $D1$ . Когда логическая 1 имеется на выходе элемента  $D12.4$ , информация считывается из счетчика  $D2$  и т. д. Таким образом, за время выработки генератором четырех тактовых импульсов на входы дешифратора  $D14$  поочередно поступает информация о состоянии счетчиков  $D1$ ,  $D2$ ,  $D3$ ,  $D4$ .

Когда логическая 1 имеется на выходе логического элемента  $D12.2$ , то транзистор  $A1.1$  закрыт, а  $A1.2$  —  $A1.4$  открыты, на анодах ламп  $H2$ — $H4$  низкий потенциал, и они не светятся; светится только одна из цифр лампы  $H1$ . При поступлении следующего импульса с генератора тактовых импульсов оказывается закрытым только транзистор  $A1.2$ , поэтому под напряжением находится только лампа  $H2$ , и т. д. при поступлении следующих импульсов. Таким образом, лампа  $H1$  индицирует состояние счетчика  $D1$ ,  $H2$ — $D2$ ,  $H3$ — $D3$  и  $H4$ — $D4$ . Так как частота тактовых импульсов достаточно велика, создается впечатление непрерывной работы каждой газоразрядной лампы.

Источник питания для 4-разрядного счетчика можно собрать по схеме, приведенной на рис. 5. Дроссели  $L1$ ,  $L2$  и конденсаторы  $C3$ ,  $C4$  образуют фильтр, уменьшающий проникновение помех из сети и устраняющий возможные сбои в работе счетчика. Газоразрядные индикаторы питаются от отдельной обмотки трансформатора  $T1$  в целях обеспечения безопасности при работе с устройством.

Устройство собрано на плате из гетинакса размерами  $112 \times 95$  мм. Здесь расположены только те элементы, которые обозначены на рис. 1. Все соединения выполнены проводами. Конденсаторы  $C1$ ,  $C2$  КМ-6, КЛС, МБМ и др.;  $C5$ ,  $C6$  К50-3, К50-6, ЭГЦ и др.;  $C3$ ,  $C4$  БМ-2, МБМ, БМТ-2 на номинальное напряжение 400 В. Диод  $V1$  можно

заменить на Д7Ж, Д205, КД202К—КД202Р. Вместо диодов  $V2$ — $V5$  можно применять любые полупроводниковые диоды, у которых прямой ток допускается не менее 0,2 А. Транзистор  $V6$  можно заменить на КТ807, КТ603, П701. В устройстве могут быть использованы аналогичные микросхемы серии К133, имеющие такую же нумерацию всех выводов. Вместо микросхем  $D5$ — $D8$ ,  $D9$ ,  $D10$ ,  $D12$ ,  $D13$  могут быть использованы аналоги из серий К131, К158, имеющие такую же нумерацию выводов. Вместо микросборки транзисторов  $A1$  можно применить транзисторы типа КТ605А. В качестве ламп  $H1$ — $H4$  можно использовать индикаторы ИН-1, ИН-8, ИН-12Б и ИН-18.

Трансформатор  $T1$  намотан на магнитопроводе Ш20×25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-1 0,14, обмотка II — 2000 витков провода ПЭВ-1 0,1, обмотка III — 80 витков провода ПЭВ-1 0,41. Дроссели  $Dp1$ ,  $Dp2$  намотаны на ферритовых кольцах М2000НМ (типоразмер К17×8×5) и имеют по 200 витков провода ПЭВ-1 0,31. Возможно также использование сердечников от малогабаритных трансформаторов для транзисторных приемников.

Если все детали исправны и монтаж выполнен без ошибок, устройство начинает работать сразу. В этом случае настройка его сводится к подбору резисторов  $R4$ — $R7$  таким образом, чтобы сила тока через анод каждой из ламп составляла 1—1,5 мА.

Для надежной работы необходимо, чтобы длина проводника, через который поступают импульсы на вход счетчика, не превышала 0,2—0,3 мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С. Применение микросхем серии К155.— Радио, 1977, № 10, с. 39—41.
2. Алексеев С. Формирователи импульсов на микросхемах.— Радио, 1978, № 10, с. 33, 34.
3. Бирюков С. Динамическая индикация.— Радио, 1979, № 12, с. 26, 27.
4. Бирюков С. Счетчики на микросхемах.— Радио, 1976, № 2, с. 42—44; № 3, с. 36, 37.
5. Кальнин Б. Логические основы ЭВМ.— Радио, 1979, № 5, с. 30—32.
6. Микросхемы серии К155. Справочный листок.— Радио, 1977, № 9, с. 57, 58.
7. Справочник по интегральным микросхемам / Под общей ред. Б. В. Тарабрина.— М., Энергия, 1980.
8. Шамис В., Власенко В. Устройство динамической индикации.— Радио, 1978, № 1, с. 44.

24.2.2  
ББК 32.884.19

В80 В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 75/  
Сост. А. В. Дьяков.— М.: ДОСААФ, 1981.—  
64 с., ил.

25 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы  
и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начи-  
нающих и квалифицированных радиолюбителей.  
Для широкого круга радиолюбителей.

В  $\frac{30402-091}{072(02)-81}$  85—81 2402020000 ББК 32.884.19  
24.2.2

## СОДЕРЖАНИЕ

### Учебным организациям и раднокружкам

А. Проскурин. Простая аппаратура радиоуправления	1
А. Ашаев. Радиолюбительская бормашина . . . . .	12
С. Сорокин. Выходное оптическое устройство цве- томузыкальной установки . . . . .	15

### Электроника в быту

В. Николаева, Б. Юрчук. Шахматные часы с сенсорным управлением . . . . .	25
---	----

### Измерительная техника

А. Крючков. Осциллограф со свип-генератором . . . .	31
---	----

### Радиолюбителю-конструктору

А. Дьяков. Кварцевые генераторы . . . . .	45
А. Евсеев. Счетчик импульсов с динамической индика- цией . . . . .	56

## В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

### Выпуск 75

Составитель Андрей Васильевич Дьяков  
Рецензент В. К. Семичастнов

Редактор М. Е. Орехова. Художественный редактор Т. А. Хитрова,  
Технический редактор В. Н. Кошелева. Корректор Т. В. Титова.  
Мл. редактор О. Н. Филина

ИБ № 1026

Сдано в набор 11.05.81. Подписано в печать 14.09.81. Г-44789. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>.  
Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ.  
л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,22. Тираж 600 000 экз. (I завод: 1—200 000 экз.) Зак. 519.  
Цена 25 к. Изд. № 2/а-93.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР  
129110, Москва, И-110, Олимпийский просп., д. 22

Отпечатано с матриц Головного предприятия на Киевской книжной фабрике  
252654, Киев, Воровского, 24.